

**UBICACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA  
BASADO EN SENSADO COMPRIMIDO**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:  
UBICACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA  
BASADO EN SENSADO COMPRIMIDO**

**AUTOR:  
MILTON DAVID LÓPEZ CADENA**

**TUTOR:  
MILTON GONZALO RUIZ MALDONADO**

**Quito, julio 2018**

Milton David López Cadena

**UBICACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA  
BASADO EN SENSADO COMPRIMIDO**

Universidad Politécnica Salesiana  
Ingeniería Eléctrica

Breve reseña historia e información de contacto:



**Milton David López Cadena** (Y'1989-Jn'26). Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Particular "Electrónico Pichincha", se graduó de Bachiller Técnico Industrial en la especialidad de Electromecánica. Egresado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en ubicación de fallas en redes de distribución eléctrica.

**mlopezc@est.ups.edu.ec**



**Milton Gonzalo Ruiz Maldonado** (Y'1987-M'01). Milton Ruiz se graduó de la Universidad Politécnica Salesiana en 2012 como Ingeniero Electrónico y en 2015 como Ingeniero Eléctrico; Recibió su M.Sc. en Redes de Comunicaciones en la Pontificia Universidad católica del Ecuador; Sus intereses de investigación están en comunicaciones verdes, infraestructura de medición avanzada, red inteligente, redes inalámbricas, gestión de energía. Es profesor de la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador y parte del Grupo de Investigación GIREI.

**mruizm@ups.edu.ec**

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

**DERECHOS RESERVADOS**

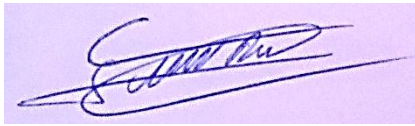
©2018 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO-ECUADOR

### **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A**

Yo, Milton Gonzalo Ruíz Maldonado declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación *Ubicación de Fallas en Redes de Distribución Eléctrica basado en Sensado Comprimido* realizado por Milton David López Cadena, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio 2018



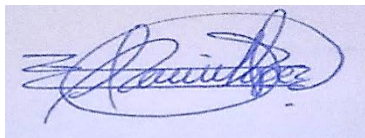
.....  
Milton Gonzalo Ruiz Maldonado  
Cédula de identidad: 1714409065

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo, Milton David López Cadena, con documento de identificación N° 1717945347, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado intitulado: *“Ubicación de fallas en redes de distribución eléctrica basado en sensado comprimido”*, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Firma



.....  
Nombre: Milton David López Cadena

Cédula: 171794534-7

Fecha: Quito, julio 2018

## ÍNDICE GENERAL

Resumen .....	1
1. Introducción .....	2
1.1 Redes de distribución eléctrica .....	3
1.2 Fallas en Redes de Distribución Eléctrica.....	4
1.3 Tipos de Fallas en Redes de Distribución Eléctrica.....	5
2. Ubicación de fallas en Redes de Distribución.....	6
2.1 Descripción de la Transformada de Wavelets.....	7
2.2 Norma $l_1$ matricial de aproximación. ....	9
2.3 Sensado comprimido .....	9
2.4 Métodos de comparación para el Análisis del Sensado Comprimido .....	11
3. Formulación del Problema .....	12
4. Análisis de Resultados .....	13
5. Conclusiones .....	19
5.1 Trabajos futuros .....	19
6. Referencias .....	19
7. Estado del Arte .....	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Redes de Distribución Eléctrica.....	4
Figura 2. Red simplificada de Distribución Eléctrica.....	5
Figura 3. Ubicación de Fallas en una Red de Distribución Eléctrica.....	7
Figura 4. Señales wavelet para construcción de diccionario.....	8
Figura 5. Modelo estándar de Sensado Comprimido [42], [43]. ....	9
Figura 6. Sistema eléctrico de distribución de prueba IEEE34 barras.....	14
Figura 7. Corrientes de fase de sistema de IEEE 34 barras en pre falla.....	14
Figura 8. Corrientes de fase valores RMS de sistema de IEEE 34 barras en pre falla.....	14
Figura 9. Simulación de estado estable en Sistema de prueba IEEE 34 barras.....	14
Figura 10. Corrientes de cortocircuito trifásico del sistema de IEEE 34 barras.....	14
Figura 11. Corrientes de cortocircuito trifásico con valores RMS.....	14
Figura 12. Corrientes de cortocircuito bifásico del sistema de IEEE 34 barras.....	15
Figura 13. Corrientes de cortocircuito bifásico con valores RMS.....	15
Figura 14. Corrientes de cortocircuito Monofásico del sistema de IEEE 34 barras.....	15
Figura 15. Corrientes de cortocircuito Monofásico con valores RMS.....	15
Figura 16. Toma de Datos de la Señal al 100%. ....	15
Figura 17. Señal de reconstrucción Orthogonal Matching Pursuit al 50% de datos.....	16
Figura 18. Señal de reconstrucción Least Square al 50% de datos.....	16
Figura 19. Señal de reconstrucción Basis Pursuit al 50% de datos.....	16
Figura 20. Ubicación de falla de señal original con sensado comprimido.....	17
Figura 21. Ubicación de falla de señal Least Square con sensado comprimido.....	17
Figura 22. Ubicación de falla de señal Basis Pursuit con sensado comprimido.....	17
Figura 23. Ubicación de falla O. Marching Pursuit con sensado comprimido.....	17
Figura 24. Tiempo de falla real tomado de software ATPDraw.....	18
Figura 25. Tiempo de falla real con señal Least Square.....	18
Figura 26. Tiempo de falla real con señal Basis Pursuit.....	18
Figura 27. Tiempo de falla real con señal Orthogonal Matching Pursuit.....	18
Figura 28. Indicadores del estado del arte.....	32
Figura 29. Resumen del estado del arte.....	32
Figura 30. Indicadores del estado del arte.....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Fallas en Redes de Distribución Eléctrica a simular. ....	12
Tabla 2. Valores de reconstrucción de la señal comparados con Original. ....	16
Tabla 3. Valores de tiempo de localización de falla. ....	18
Tabla 4. Matriz del estado del arte .....	24



# UBICACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA BASADO EN SENSADO COMPRIMIDO

## Resumen

En este artículo hace referencia a la ubicación de fallas en las redes de distribución eléctrica basada en sensado comprimido, esto consiste en la reconstrucción de las señales de corriente descompuestas por medio de la transformada de wavelets. Este método descrito hace que la ubicación de fallas en sistemas de distribución sea el óptimo para reducir el tiempo de reconexión teniendo en cuenta como prioridad la ubicación de la falla en un sistema transitorio por medio de la colocación de medidores inteligentes que servirán como creadores de la señal de la variación de la tensión que se utiliza para tomar valores de pre falla y falla según lo amerite, formando una señal de característica de la tensión la cual será de vital importancia para la reconstrucción de la misma. Este procedimiento permite llevar a cabo el algoritmo para la ubicación de fallas en las redes de distribución aplicando la regla matricial de minimización  $l_1$  que permite encontrar dichas variaciones y por consiguiente la identificación de la falla según sus valores. El algoritmo propuesto por medio de las normas matriciales de aproximación ayuda a tomar medidas en cuanto a la reducción de fallas, la reducción de tiempo de restablecimiento del sistema y la calidad del servicio en el nodo de falla teniendo como resultado fiabilidad en las redes frente a una perturbación disminuyendo la afectación al usuario final.

**Palabras Clave:** Ubicación de fallas, Sensado Comprimido, transformada de wavelets, red de distribución eléctrica, falla eléctrica.

## Abstract

In this article, refers on the location of faults in the electrical distribution networks based on compressed sensing, it consists in the reconstruction of decomposed current signals by means of wavelet transform. It described method makes the location of faults optimum distribution systems to reduce reconnection time taking into account as a priority the location of fault in a transient system through the placement of smart meters that will create of voltage signal variation that is used to take pre-fault and failure values as required, forming a tension characteristic signal it will be importance for the reconstruction the same. This procedure allows to carry out the algorithm for the location of faults in distribution networks applying the matrix rule of minimization  $l_1$  that allows finding these variations and therefore the identification of failure according to their values. The algorithm proposed by means of the matrix approach rules helps to take measures in terms of the reduction of failures, the reduction of time of restoration of the system and the quality of the service in the node of failure resulting in reliability in the networks in front of disturbance decreasing the affectation to final user.

**Keywords:** Fault location, Compressive Sensing, wavelets transform, network electrical distribution, electrical fault.

## 1. Introducción

El crecimiento de la demanda, en los últimos años, ha hecho que los sistemas eléctricos de potencia (SEP), en cada uno de sus subsistemas, crezcan de la mano considerando como la principal característica la continuidad del servicio, la calidad y el costo de la energía suministrada al usuario final, ya que en un SEP puede ocurrir cualquier tipo de perturbación ya sea atmosférica, o fallas en los diferentes conductores como pérdida de sus aislamientos y fallas en los equipos que componen las redes de distribución [1]. Por medio de los sistemas inteligentes se puede comunicar bidireccionalmente entre el cliente y la empresa de distribución de energía eléctrica, monitoreando en tiempo real a cada uno de los consumidores (industrial, comercial y residencial) y el constante control de cualquier tipo de falla que se pudiese dar [1], [2]. Las redes de distribución en un SEP se han desarrollado de manera que la energía generada por cualquier tipo de generación, convencional o no convencional, llegue al usuario por medio de los sistemas de transmisión de bajo voltaje con la mayor confiabilidad, calidad y con un impacto ambiental mínimo; para ello la duración de las interrupciones por motivos de perturbaciones o fallas en un sistema de distribución son de suma importancia para el SEP en la que la calidad de energía entregada y la eficiencia en la restauración del sistema hace que la calidad de vida del usuario final no sufra afectaciones [3], [4]. Partiendo de la importancia de las redes de distribución se plantea la reducción del tiempo en la ubicación de fallas y controlando las interrupciones en el SEP ya que el 80% se presentan en los sistemas de distribución, al momento de ubicar la perturbación [1], [3], esta debe ser puesta en servicio ya que el sistema se

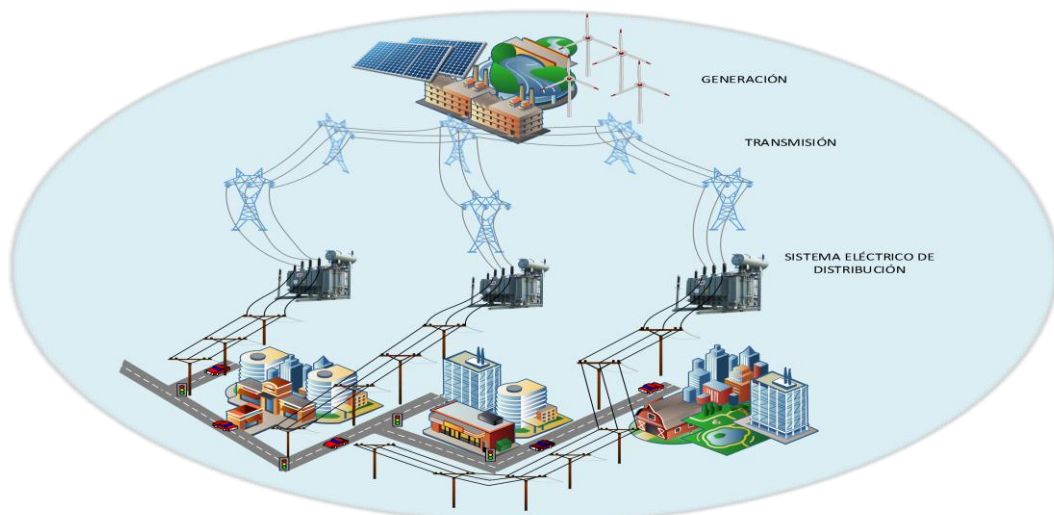
encarga de distribuir y comercializar la energía eléctrica. La ubicación de dichas fallas o perturbaciones por medio del sensado comprimido en redes de distribución eléctrica se la utiliza como recuperador de señales con un número mínimo de datos de muestras aplicando aproximaciones para la reconstrucción de las mismas ya que la teoría de sensado comprimido dice que se puede recuperar o reconstruir una señal que puede haber sufrido de carencias en la toma de datos [5], [6], desde su representación dispersas, para ello la utilización de la transformada de wavelets hace que la descomposición en diferentes señales se pueda utilizar las comparaciones con el algoritmo matemático propuesto, calculando los errores de cada reconstrucción mediante la comparación entre la señal de corriente original y la señal reconstruida [7]. La señal generada mostrará la ubicación de la falla o perturbación que se está dando frente al comportamiento de las señales, por medio de la comunicación de medidores inteligentes; la adquisición de datos se realizan de manera fácil y con mejor comunicación, pero la inconsistencia de la adquisición de datos producto de problemas en los muestreos, fallas en la comunicación con el centro de control o ataques que pueden perjudicar al sistema eléctrico, hace que las señales no sean la información que se necesita para la ubicación de fallas [8], [9]. Con el sensado comprimido se propone realizar la reconstrucción de la señal de una red de distribución eléctrica con el menor número de datos o muestras que tienen una base vectorial en la que la señal tiende a ser proyectada por medio de alguna transformada, en este caso, la transformada de wavelets [10], [11]. La transformada de wavelets no es más que un análisis matemático de señales no estacionarias, esta transformada hace la descomposición de la señal o

función en un conjunto de parámetros de traslación y escala dando como resultado una función llamada la wavelet madre que está dada por la frecuencia versus el tiempo [12], [13], detectando la parte defectuosa del sistema y la ubicación de la perturbación o falla usando las características de la señal como son la corriente, el voltaje y el ángulo en el que se encuentra para la descomposición [1], [10]. Uno de los métodos de optimización para resolver el sensado comprimido se lo realiza mediante las normas de minimización matricial, las cuales realizan su optimización mediante un vector disperso en la cual se tendrá las condiciones para las aproximaciones iterativas haciéndola así una técnica con el diccionario que mejor se adapte a la aproximación con pocos datos de la señal de corriente [2], [4]. En este documento se propone la ubicación de fallas en redes de distribución eléctrica basada en la teoría de sensado comprimido mediante la transformada de wavelets usando las normas matriciales y realizando el margen de error de cada uno de los diccionarios que se presentan a continuación.

### **1.1 Redes de distribución eléctrica**

Las Redes de Distribución se las define como flujos secuenciales de sistemas que están diseñados para facilitar y monitorear el movimiento de los servicios desde la fabricación o fuente hasta su consumo, teniendo en cuenta que este servicio debe estar disponible cuando el usuario lo necesite [2], [4], [14], [15]. En un sistema de distribución eléctrica, la principal función es abastecer de energía a las distintas instalaciones de los consumidores [4]. Una de las distintas características de la distribución de energía es que se la transporta a niveles muy bajos, por esta razón las redes de distribución son las adecuadas [6]. En

los tiempos actuales la flexibilidad de los sistemas eléctricos y el afán de llegar a minimizar los impactos ambientales han motivado a impulsar el desarrollo de nueva tecnología para la distribución de energía eléctrica con la implementación de nuevas fuentes de energía, como se muestra en la Figura 1 y también, como por ejemplo la Generación distribuida [1], [16]. Las coordinaciones de los dispositivos de protección que se encuentran en el sistema de distribución eléctrica deben ser de vital importancia ya que en un momento de falla o perturbación deben ser identificadas correctamente y el aislamiento del área de falla debe ser lo más eficiente posible [8], [16]. Esta identificación de fallas determinará la confiabilidad de la red de distribución de energía para reducir las pérdidas y mantener el voltaje en el SEP [1], [9], [17]. En comparación de todos los sistemas que conforman el SEP, la distribución y el suministro de energía eléctrica a los usuarios finales debe ser continuo, sin interrupción y con un valor del 95% del voltaje adecuado, el cual permita que sus equipos eléctricos se mantengan operando con eficiencia sin afectar el comportamiento normal del sistema [9], [18]. En los sistemas de distribución es donde se producen la mayoría de interrupciones debido a las fallas o perturbaciones ya sean del tipo ambiental interno o externo, lo cual representan hasta un 90%, y el resto es generado por fallas en la generación y transmisión eléctrica en este caso, la identificación del tipo de falla que se ocasiona es de mucha importancia, ya que a partir de esta se puede localizar el punto dónde ocurrió dicha falla mejorando la continuidad del servicio eléctrico [9], [17], [19]. Como se puede apreciar en la Figura 1 se describe un SEP desde su generación (convencional o no convencional), hasta el usuario final (industrial, comercial o residencial) haciendo



**Figura 1.** Redes de Distribución Eléctrica.  
Fuente: Autor

énfasis en el las redes de distribución eléctrica.

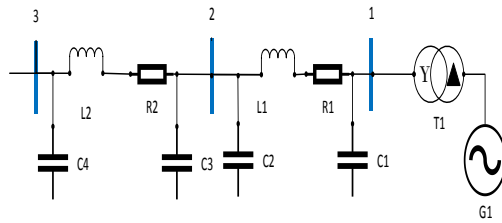
## 1.2 Fallas en Redes de Distribución Eléctrica

Los sistemas eléctricos de Potencia han crecido rápidamente los últimos años, esto es el resultado de un gran aumento en el número de ramales en operación [20], [21]. Estos ramales experimentan fallas por causas naturales como lluvias, tormentas, rayos, nieve, etc. por causas de desgaste o envejecimiento como son rotura del aislamiento, de mal funcionamiento del equipo de protección y por transformadores en mal estado, cortocircuitos causados por objetos externos como animales o árboles, afectando así al funcionamiento y buen desempeño del sistema [1], [17], [20].

Las características para un funcionamiento óptimo del sistema de potencia cuando existen fallas en sus subsistemas son la confiabilidad, el tiempo de la falla, la calidad de la energía eléctrica, el tiempo requerido para la detección, aislamiento y restauración del sistema después de la falla [15], [16]. La ubicación de fallas en redes de distribución es uno de los desafíos más importantes en el

funcionamiento del sistema eléctrico de potencia [15]. Para realizar este objetivo de fiabilidad, las redes de distribución deben estar equipadas con las funcionalidades del sistema como son la gestión de la distribución y la automatización de la distribución siempre y cuando las redes estén dotadas de dispositivos inteligentes los cuales se comunicarán con un centro de adquisición de datos para evaluar y ejecutar acciones con el fin de mantener el sistema en funcionamiento [1], [17], [19]. Las fallas eléctricas se manifiestan con frecuencia en las redes de distribución debido a su gran complejidad en ramales extensos, en la Figura 2 se determina una red de distribución simplificada, en la que se observa las características de la misma, en donde las fallas o perturbaciones causan el desabastecimiento y corte de energía eléctrica ya que al momento de ocurrir dichas fallas actúan casi de manera inmediata los sistemas de protección para ello las fallas deben ser localizadas y las protecciones puestas nuevamente en funcionamiento, teniendo así el restablecimiento del sistema [4]. Existen varias formas para determinar la ubicación y detección de las fallas de manera rápida y eficaz

dando como resultado el aislamiento de la falla y por lo tanto el tiempo de restauración del sistema sea el mínimo [14], [19].



**Figura 2.** Red simplificada de Distribución Eléctrica.

Fuente: Autor

### 1.3 Tipos de Fallas en Redes de Distribución Eléctrica

Las redes eléctricas de distribución están expuestas a distintas fallas las cuales causan la apertura del sistema eléctrico dejándolo sin servicio de energía [13], [21], [22], [10]. Las fallas en redes de distribución entre una o varias fases y tierra se las considera del tipo Paralelo, en los distintos casos, las fases se presentan en cortocircuito [23], la caída de tensión y la corriente elevada de cortocircuito son diferentes en cada punto del sistema causando el desbalance y el daño de elementos del sistema [13], [24]. En redes eléctricas de distribución las fallas también se presentan del tipo serie, las cuales se presentan por causas ajenas al sistema ya sea de forma natural o por el envejecimiento de los elementos de la red que hacen que la falla se provoque por la ruptura de conductores, las causas más comunes de estas rupturas son las descargas atmosféricas ya que se pueden dar en gran cantidad de energía provocando los cortocircuitos trifásicos sin implicar a la tierra [8], [17], [18]. Estas fallas se dividen en dos tipos que son simétricas y asimétricas.

- **Simétricas:** Estas fallas se presentan de manera que las tres fases se unan en algún punto generando un cortocircuito o falla trifásica

dando como resultado un aumento de corriente de cortocircuito sin desbalancear al sistema [18], [25]. Las Fallas simétricas son aquellas en las cuales la corriente y tensión en las tres fases ocasionando daños considerables al sistema, debido a los desbalances que se generan, provocan grandes flujos de corrientes de falla, y por lo general son provocadas por causas climáticas

- **Asimétricas:** Estas fallas involucran a las fases en cortocircuito con tierra y entre fases, provocando un desbalance en el sistema en corriente y en tensión [17], [18]. Las fallas asimétricas son las siguientes; falla de línea a tierra, línea a línea o doble línea a tierra. En este caso la corriente de falla de doble línea o de línea a tierra puede o no tener impedancia al momento de la falla. Sea por la rotura de cualquier conductor o por la acción de algún dispositivo de protección que puede o no abrir simultáneamente, mediante la descomposición en componentes simétricas de secuencia cero, positiva, y negativa este tipo de fallas son estudiadas para que no haya el deterioro de los distintos elementos en el sistema [12], [18], [26].

A continuación, en una red de distribución eléctrica, se tiene todas las maneras en las que se pueden presentar una perturbación o falla en paralelo ya sea simétrica o asimétrica y son los siguientes:

- **Monofásicas a Tierra (LG):** Esta falla es cuando una fase hace cortocircuito con tierra.

- **Bifásica (LL):** Falla cuando dos fases hacen cortocircuito.
- **Bifásica a Tierra (LLG):** Falla cuando dos fases hacen contacto a tierra.
- **Trifásicas (3L):** Falla cuando tres fases hacen contacto entre sí.
- **Trifásicas a tierra (3LG):** Falla cuando tres fases hacen contacto a tierra.

Entre las fallas más comunes se tienen las fallas del tipo monofásicas que implican el cortocircuito de una de las fases del sistema hacia tierra [17], haciendo que en tal fase el voltaje sea cero y dependiendo de la impedancia de falla la corriente toma valores sumamente altos produciendo un desbalance en el sistema [19], [21]. Para las fallas entre fases se encuentran las fallas bifásicas que implican a dos fases en cortocircuito; en este punto la corriente tiene un valor más alto que el nominal pero del mismo valor que las fases afectadas [18], [20]. Para este caso la tensión también dependerá de la impedancia de falla, produciendo un desbalance en la fase consiguiente. Las fallas bifásicas en cortocircuito de dos fases con tierra la corriente aumenta su valor y la tensión se disminuye en las fases, teniendo un desbalance en la fase no involucrada [27]. Las fallas trifásicas también, llamadas simétricas, son aquellas fallas de cortocircuito entre las tres fases, este tipo de fallas tiene como característica que las tensiones tienden a cero y la corriente toma valores elevados, y de la misma manera como las fallas anteriores, el valor de la resistencia de falla será indispensable para saber el valor a que aumentará [4], [18], [19].

El documento se ha organizado de la siguiente manera. La Sección II detalla la ubicación de fallas, la transformada de wavelet y su utilización, la norma de

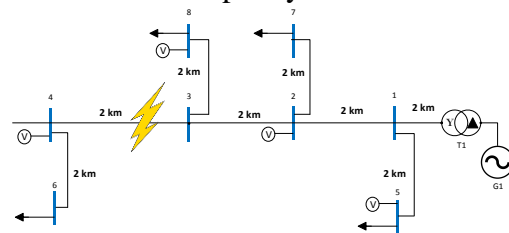
minimización y el sensado comprimido. La Sección III indica la descripción de la formulación del problema y el método de solución. La Sección IV muestra los resultados de las simulaciones del método propuesto para una red de distribución. La Sección V se presenta la conclusión del documento investigativo. La sección VI hace referencia a los trabajos futuros que se pueden implementar junto a la investigación realizada.

## 2. Ubicación de fallas en Redes de Distribución

La ubicación de fallas en redes de distribución es uno de los más importantes problemas a solucionar en un SEP en operación, para ello es necesario contar con una buena comunicación entre el centro de control, toma de decisiones y un buen estado de los equipos inteligentes para controlar y despejar dichas fallas, para la ubicación de fallas [28], el procesamiento de la información por el centro de control es la parte en la cual se realiza la supervisión de todo el sistema para la toma de decisiones en la que se tomarán medidas, acciones y procedimientos [4], [12], que hacen que el sistema siga en funcionamiento o tratando de que la afectación de alguna perturbación o falla no sea tan prolongada para el usuario final, la ubicación de la falla será la manera en la cual se tendrá el lugar exacto en que ocurrió dicha falla [29], para ello es necesario la lectura de las señales por medio de las Unidades Medición Fasorial (PMU por sus siglas en inglés) o medidores inteligentes (SM por sus siglas en inglés) que toman un rol muy importante ya que por medio de las medidas entregadas se realizará el sensado comprimido para detectar el cambio de los valores de corriente, voltaje y ángulo de la energía eléctrica [4],[6], [12], haciendo la reconstrucción

de la señal comunicada con pocos datos obtenidos en varias de las barras del SEP, esta señal reconstruida por medio del sensado comprimido hace que la señal se compare en cuestión de milisegundos con las señales normales obtenidas por un histórico del sistema [4], [12], [18]–[20], mediante el algoritmo se tiene a los diferentes tipos de fallas que anteriormente fueron descritos, hacen que el centro de control haga las comparaciones correspondientes para definir en qué barra del sistema y dónde se encuentra para activar las protecciones correspondientes para aislar la falla y mantener el servicio eléctrico con normalidad sin afectar al usuario final en costo y en satisfacción del suministro [9], [29], [30]. Todas estas señales que se encuentran en pre falla y en falla que deben ser comunicadas por medio de una rápida y confiable comunicación de dichas señales de los medidores inteligentes, esto hace que se pueda trabajar con una pequeña cantidad de datos para reconstruir la señal mediante el sensado comprimido, en la Figura 3 se describe un ejemplo de falla en la red de distribución con la distancia de cada barra y la distribución de los medidores inteligentes para extraer los datos y valores de las señales de corriente para la ubicación de la falla, el sensado comprimido trae beneficios significativos a los operadores para la ubicación de fallas en las redes de distribución mejorando en fiabilidad y en calidad del sistema en general [8], [31]. La ubicación de fallas en una red de distribución es una propuesta muy abarcada ya que es una problemática significativa en un SEP [32], es por eso que la descripción de distintos métodos para la ubicación de fallas hacen que se busquen nuevas maneras de disminuir el tiempo de restauración de la falla y la disminución del costo de operación del mismo [31], [32]. En este caso la

matriz generada para encontrar el diccionario que necesita el sensado comprimido para encontrar la reconstrucción de la señal más aproximada a la real está dada por la norma de minimización  $l_1$  la cual ayuda a encontrar el vector que se aproxima a la localización del bus en falla [4], [9], [31], para ello la manera de la colocación de los medidores inteligentes y sus señales, serán mínimos y se encontraran en la red de distribución eléctrica optimizando la manera en la cual la ubicación de la falla sea más rápida y eficiente.



**Figura 3.** Ubicación de Fallas en una Red de Distribución Eléctrica.  
Fuente: Autor

## 2.1 Descripción de la Transformada de Wavelets

La descripción de una red de distribución eléctrica se define como la parte esencial del SEP para el suministro de energía hacia el usuario final, para ello sus elementos de protección deben estar en perfectas condiciones ya sea en mantenimiento preventivo o correctivo [11], [7], [3], como en las barras de llegada y barras de salida de energía de las subestaciones que cumplen un trabajo muy importante al ser las que cumplen el trabajo de mantener el sistema operativo, en este caso las barras deben ser bien protegidas al momento de una falla o perturbación, al localizar las fallas que pueden dañar los elementos en la subestación se debe tener el menor tiempo posible para la reanudación de la puesta en marcha del sistema para no afectar a la confiabilidad y estabilidad del SEP [6], [11]. La utilización de la transformada wavelet se la realiza para el análisis de



las señales de corriente y voltaje transitorio [22], [33], las cuales se transforman en valores de dominio de frecuencia y dominio de tiempo para ello la utilización de la transformada de wavelet en detección y ubicación de fallas en redes de distribución es muy importante ya que con ellas se realiza el sensado comprimido ubicando aquella fase o barra defectuosa que se encuentra en falla [33], [34], usando las señales de voltaje, corriente y ángulo de las señales de cada barra se realiza en sensado comprimido reconstruyendo la señal y comparándola con la señales transitorias antes medidas. Para el procesamiento de señales se tiene varias técnicas que son de gran utilidad para el análisis de falla, como por ejemplo la transformada de Fourier (FT), esta puede analizar cualquier señal en estado estacionario y no estacionario pero con un margen de error muy alto por motivos de pérdida de datos en el manejo de las señales [12], [34], para ello fue creada la Transformada de wavelet la cual resuelve el problema mediante ventanas más pequeñas y frecuencia más altas y viceversa, es decir, en ventanas más grandes con frecuencias más bajas utilizando las componentes wavelets para su descomposición, estas componentes se describen como Continuas (CWT) y Discreta (DWT) [3], [11], [12].

La transformada wavelet de una función está dada por la descomposición de la función  $f(t)$  en un conjunto de funciones wavelets  $\psi_{s,\tau}(t)$ , estas funciones se observan en las Figura 4 las cuales tienen distintas formas para la reconstrucción de las señales con mayor precisión en este caso se mantienen las seis tipos de señales wavelets, tal como se indica en la ecuación (1) la Transformada wavelet se define de la siguiente manera:

$$W_f(s, \tau) = \int f(t) \psi_{s,\tau}^*(t) dt \quad (1)$$

A partir de la traslación y cambio de escala se obtiene la Wavelet Madre que está dada por:

$$\psi_{s,\tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) \quad (2)$$

Donde  $\tau$  es el factor de traslación,  $s$  es el factor de escala y  $\psi^*$  se refiere al conjugado de la wavelet madre [10], [22], [34].

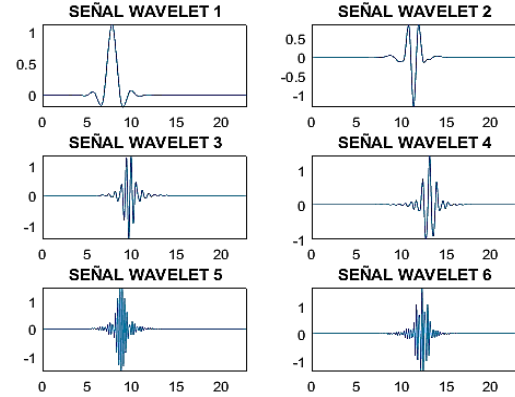


Figura 4. Señales wavelet para construcción de diccionario.

**Transformada Wavelet Continua (CWT).** La (CWT) se desarrolla como una técnica para resolver el problema, la ecuación (3) describe la resolución analizando de manera que la señal original es multiplicada por una función wavelet, para ello la transformada se calcula separadamente para distintas partes de la señal en el dominio del tiempo [12], [22], [34].

$$CWT(s, \tau) = \frac{1}{\sqrt{s}} \int f(t) \psi_{s,\tau}^*\left(\frac{1}{s}(t - \tau)\right) dt \quad (3)$$

**Transformada Wavelet Discreta (DWT).** La (DWT) se desarrolla como una técnica para con pares de pasa altos y pasa bajos sucesivos en cada parte de la ampliación de la transformada wavelet, en la ecuación (4) se describe que en la primera parte la escala acoge una gran cantidad de frecuencias, en la escala final la frecuencia tiene mayor tiempo de resolución [11], [12], [34].

$$f(t) = A \sum_s \sum_\tau W_f(s, \tau) \psi_{s,\tau}(t) \quad (4)$$



Donde la constante  $A$  no depende de la función  $f(t)$ .

$$\int \psi_{i,k}^*(t) \psi_{m,n}(t) dt \quad (5)$$

Para la ecuación (5) de las funciones wavelets discretas los productos internos son iguales a cero.

## 2.2 Norma $l_1$ matricial de aproximación.

Las normas matriciales de aproximación se encuentran dadas en forma de vectores matriciales que ayudan a recuperar señales las cuales pueden llegar a tener pseudo-normas que al aproximar a los vectores se puede minimizar el error de aproximación o reconstrucción, los tipos de normas pueden ser  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_\infty$  [35], [36].

La norma  $l_1$  de minimización es de gran utilidad para el sensado comprimido ya que recupera y aproxima las señales dispersas con errores muy bajos [35], [37], proporcionando un vector aproximado el cual es muy escaso para la localización de la falla. Para ello, en el sensado comprimido, la minimización de errores en la localización de la falla hace que las normas de aproximación ayuden al SEP con resultados fiables [33], [38].

En el sensado comprimido aplicado para la localización de fallas en sistemas de distribución eléctrica, la norma  $l_1$  es la considerada para desarrollar la aproximación de los vectores y por consiguiente, la reconstrucción de la señal la cual se encuentra en el nodo donde ocurre la falla [37], [39], en este caso el despliegue de los sensores serán mínimos para obtener la señal original. El cálculo del error de la norma  $l_1$  se lo realiza de la siguiente manera:

$$\|K\|_{l_1} = \sum_{i=1}^n |K_i| \quad (6)$$

Donde en la ecuación indica el vector que se desea aproximar dado por  $K$

## 2.3 Sensado comprimido

El sensado comprimido es el proceso matemático el cual ayuda a realizar la recuperación de una señal unidimensional partiendo de una cantidad menor de información de la misma para poderla reconstruir y realizar la representación dispersa [33], [39]–[41], el modelo del sensado comprimido se lo describe en la figura siguiente:

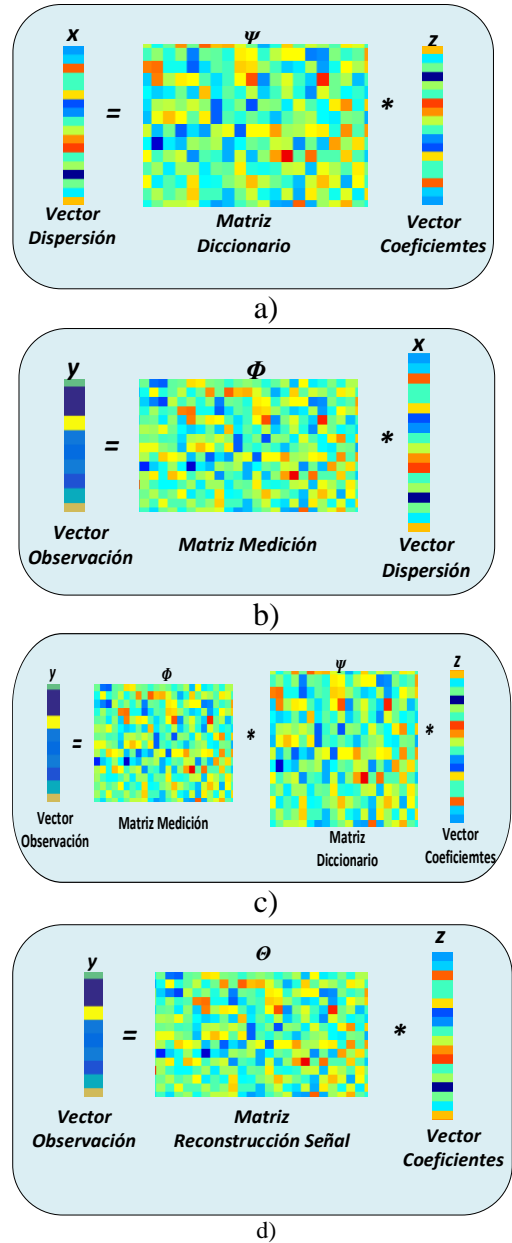


Figura 5. Modelo estándar de Sensado Comprimido [42], [43].

El sensado comprimido hace que se pueda recuperar una señal a partir de una representación dispersa siempre y cuando se pueda conocer una parte de señal original [41], [42], [43], para ello el vector  $X$  que es el vector que representa la señal a reconstruir como se muestra en la Figura 5 parte a). Este vector está formado por la información de las mediciones que se obtuvieron en el sistema de distribución eléctrica y se encuentra expresado como un vector columna de  $n \times 1$  [4], [40], [41]. La señal es un conjunto de datos que son tomados en las mediciones del sistema de distribución y se puede representar como una combinación de coeficientes vectoriales [15], los datos que se encuentran en menor proporción, son aquellos que se necesita para la recuperación de la señal porque contienen la información más representativa de la señal original, y los datos que tienen menos información de la señal tienden a cero, el nombre que toma este vector de la combinación de coeficientes es el de vector de representación dispersa [1], [4], [40].

El sensado comprimido está constituido por una matriz o diccionario la cual se forma por coeficientes aleatorios que está formada por  $n$  filas y  $m$  columnas la cual es, de manera directa, la parte más importante de proceso del sensado comprimido es la reconstrucción de la señal y por consiguiente el proceso de muestreo en la localización de anomalías en la señal que por lo general no posee valor de columnas cero [40], [41], la matriz diccionario es un conjunto de señales que tienen un determinado número de columnas y filas que dependen solamente de los valores originales de la señal a ser reconstruida que están correctamente distribuidas [4], [40], [41], por lo tanto junto con el vector dispersión ( $X$ ) son una representación de la misma señal a reconstruir de manera más rápida

conociendo que la formación de esta matriz es difícil de encontrar los valores de los datos base, la notación de la matriz es  $Z$  que viene dado por una matriz cuadrada ( $n \times n$ ) la que está formada por datos bases de la señal [40].

$$x = \sum_{i=1}^n z_i \psi_i \quad (7)$$

$$x = \Psi Z \quad (8)$$

Como se muestra en la Figura 5 parte b), el sensado comprimido está conformado por parte de la señal original como se muestra en las ecuaciones (7) y (8) para ello la combinación de otra matriz medición hace que se forme una nueva matriz en forma de vector para encontrar el vector de observación ( $Y$ ), la cual es conocida por datos de la señal original y es lo más cercano a la señal original tomados de la reconstrucción y combinación de los vectores [41]. Para que la matriz sea una matriz cuadrada del orden  $m \times m$  se toma los conceptos de matriz pseudoinversa la cual permite tener el orden de los vectores que serán dependientes de las señales originales [44]. La Figura 5 muestra en la parte b) y c), la matriz  $\Phi$  es aquella matriz que proviene de los valores originales de la señal determinados por los medidores de los cuales fueron tomados dichos datos, esta matriz de medición ( $m \times n$ ) es la encargada de contener los datos de del diccionario y los datos del vector dispersión. Para hallar la nueva matriz de la reconstrucción de la señal  $\Theta$  ( $m \times n$ ) que se muestra en la Figura 5 parte d), descrita en la ecuación (11) se deben multiplicar las matrices de medición con la matriz diccionario, la cual se encarga de mantener la teoría en sí del sensado comprimido de una señal con la restricción isométrica de las matrices [4], [12], [44].

$$y = \Phi x \quad (9)$$

$$y = \Phi \Psi Z \quad (10)$$

$$\Theta = \Phi \Psi \quad (11)$$

$$y = \Theta z \quad (12)$$

Las normas de aproximación aplicadas para el sensado comprimido son aquellas que dependen del procesamiento de la señal mediante el método a utilizar en este caso los métodos a utilizar son estructuras que hacen un proceso de iteración para poder llegar a la reconstrucción de la señal dependiendo del número de datos de la señal [1], [4], [26]. La norma de aproximación  $l_1$  utilizada se basa en la siguiente ecuación que muestra el argumento mínimo a utilizar

$$\hat{x} = \arg \min_x \|x\|_{l_1} \quad (13)$$

El sensado comprimido es uno de los métodos más utilizados en lo que se refiere a la reconstrucción de señales ya que al no usar todos los datos de una señal, se la puede reconstruir y por lo tanto, se mantiene la estructura de la señal, su proceso iterativo junto a las norma de aproximación hace que el sensado comprimido sea una estructura que tiene la característica esencial de tener valores mínimos de datos para poder recuperar, en este caso, los datos de una red de distribución eléctrica y se lo puede describir como un proceso iterativo de optimización [4], [26].

## 2.4 Métodos de comparación para el Análisis del Sensado Comprimido

1) *Least squares*: Este algoritmo realiza la reconstrucción de señales que no son muy dispersas, es decir con datos limitados de la señal [45], [46], el trabajo del algoritmo es encontrar la respuesta mediante la descomposición de mínimos cuadrados, para ello junto con el sensado comprimido mejora el muestreo y la adquisición de los datos de la señal dispersa [47], [43], también se mejora la convergencia del algoritmo haciéndolo más eficiente y rápido. El método de mínimos cuadrados es uno de

los primeros resultados en la reconstrucción de señales pero con la limitación de los datos de la señal lo hacen deficiente ante los diferentes algoritmos [46], [48]. En la siguiente ecuación la respuesta no se obtendrá una señal dispersa y los valores serán distintos de cero [47], [48].

$$\hat{x} = \Phi^T (\Phi \Phi^T)^{-1} y \quad (14)$$

2) *Basis pursuit*: El algoritmo Basis pursuit permite recuperar las señales las cuales presentan ruido recuperándolas de manera estable [49] y con señales más dispersas, este método es utilizado para la recuperación de señales e imágenes aplicando su técnica de recuperación de relajación convexa, diferenciándolo de los demás algoritmos [49], [50].

$$\hat{x} = \arg \min_x \|x\|_{l_1} \quad (15)$$

3) *Orthogonal matching pursuit*: Este algoritmo de recuperación de señales en conjunto con el sensado comprimido hace que la optimización del método sea más rápido y confiable con señales dispersas y semidisersas, [43], [51], [52] para su reconstrucción de la misma manera las condiciones a cumplir son propiedades que se encuentran definidas como incoherencia mutua considerando lo siguiente: que  $\phi_i$  y  $\phi_j$  representen a las columnas y filas de  $\Phi$ , que son conocidas como los átomos [53].

$$\delta_{k+1} < \frac{1}{\sqrt{k+1}} \quad (16)$$

$$\mu = \max_{i \neq j} |\langle \phi_i, \phi_j \rangle| \quad (17)$$

Donde  $\mu$  es la incoherencia mutua.

Este algoritmo puede recuperar las señales casi al mismo nivel de dispersión de la medición de la señal [52]. El proceso iterativo de  $\Phi$  el cual tiene casi los mismos valores de los datos de la señal hasta llegar a un número de iteraciones máxima y

buscando una solución óptima entre posibles opciones encontrando la posible solución de manera general [43], [54], [55].

$$\min_{\hat{x}} \|y - \sum \hat{x}_i \phi_i\|_{l_2} \quad (18)$$

### 3. Formulación del Problema

#### Ubicación de fallas en Redes de distribución Eléctrica

En la formulación del problema para la localización de fallas en redes de distribución eléctrica se utiliza el sensado comprimido con la transformada de wavelet para la reconstrucción de la señal y correspondientemente al diccionario que se utiliza para dar lugar al vector de dispersión, para poder encontrar el punto de falla se requiere la norma de minimización  $l_1$  que con los datos obtenidos de la señal de pre-falla y falla de las fases de distintos medidores se almacenará con una resistencia de falla constante, en la red de distribución se utiliza una base de datos para obtener el vector de corrientes, para el despliegue de los medidores inteligentes que permiten que con los datos de la red de distribución los datos son representados como un vector de gráficas y partiendo del principio del sensado comprimido permite reconstruir la señal con pocos datos partiendo de la forma de la señal para lo cual se hace la simulación y obtener una buena reconstrucción de la misma. Para simulación de las curvas de falla antes descritas (Monofásicas, Bifásicas y Trifásicas), se almacenarán los datos con una resistencia de falla la cual será la misma para las distintas fallas en la red de distribución eléctrica, dándonos una obtención de los datos en cada nodo en el cual se colocarán los distintos medidores inteligentes con la información precisa del comportamiento del sistema, a

continuación se muestra una tabla de los tipos de fallas que se pueden presentar en redes de distribución eléctrica utilizadas en la simulación.

Tabla 1. Tipos de Fallas en Redes de Distribución Eléctrica a simular.

TIPOS DE FALLAS	
MONOFÁSICAS	FASE A
	FASE B
	FASE C
BIFÁSICAS	FASES A -B
	FASES B -C
	FASES C -A
BIFÁSICAS A TIERRA	FASES A -B-T
	FASES B -C-T
	FASES C -A-T
TRIFÁSICA	FASES A-B-C
TRIFÁSICA A TIERRA	FASES A-B-C-T

En la ubicación de la falla de un sistema de distribución eléctrica, debe ser analizado por una herramienta matemática que permita reducir el margen de error en la reconstrucción de la curva y en la toma de datos de dichas fallas, mediante el desarrollo del modelo del sensado comprimido en el software MATLAB®, los análisis de las señales descritas por falla se manejarán con exactitud y se mantendrán los valores para una buena resolución matemática al momento de la ubicación de la falla por medio de la vinculación del ATPDraw® a MATLAB®. La ubicación mediante la norma de minimización  $l_1$  hace que la metodología sea más precisa y con un margen de error mínimo, teniendo en cuenta el número de datos que tomaremos de la señal, para ello, los algoritmos en los que se realizarán las reconstrucciones con los diferentes diccionarios que permitirán hacer un análisis en distintas partes de la señal obteniendo el mejor rendimiento del sensado comprimido analizando la señal reconstruida con la señal original, el análisis consta de una comparación entre los métodos utilizados y verificar

el beneficio del sensado comprimido con las diferentes ecuaciones en la ubicación de la falla.

---

**Pseudocódigo de Ubicación de fallas en redes de Distribución basado en Sensado Comprimido**

---

**Paso 1:**

- \* Importar base de datos de Señales de simulación de fallas de ATPDraw a Matlab

**Paso 2:**

- \* Señal origina con el 100% de datos
- \* Definir el rango de falla para la señal
- \* Formar los Diccionario Señales wavelets
- \* Tomar el porcentaje de datos de señal

**Paso 3:**

- \* Reducir de señal a porcentaje ingresado
- \* Visualizar datos en donde  $m < n$  de la matriz reconstrucción
- \* Creación de la matriz de Sensado Comprimido
- \* Encontramos el vector observación

**Paso 4:**

- \* Aplicación de propiedad isométrica de las matrices
- \* Resolver la norma de minimización  $l_1$
- \* Encontrar el vector dispersión
- \* Ubicación de la falla

**Paso 5:**

- \* Visualizar ubicación de falla en reconstrucción de señal a Least square
- \* Visualizar ubicación de falla en reconstrucción de señal a Basis Pursuit.
- \* Visualizar ubicación de falla en reconstrucción de señal a Orthogonal Matching Pursuit

**Paso 6:**

**Terminar**

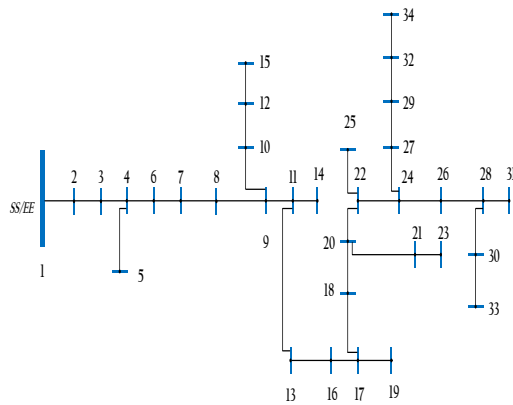
---

Las señales wavelets hacen que la reconstrucción de las señales mediante los diccionarios tenga un mínimo error,

para ello las señales wavelets trabajarán con seis señales en cada diccionario ya que la reconstrucción será más eficiente y estable sin afectar las características esenciales de cada curva. Las wavelets que se utilizarán para la reconstrucción de las señales serán del orden symlet4, coif4, aubechis 3-4, bior 1.5 y haar 4. Las wavelets y sus señales son parte de los diccionarios que ayudarán a la reconstrucción de las señales o curvas mediante su similitud a las características de la señal formando el sensado comprimido que tiene como objetivo minimizar el número de datos de la señal y minimizar el error en la reconstrucción de la misma. A continuación se muestra el algoritmo propuesto para la ubicación de fallas en redes de distribución eléctrica basado en sensado comprimido detallado desde la toma de datos del sistema y la reconstrucción de las curvas, hasta la ubicación de la falla.

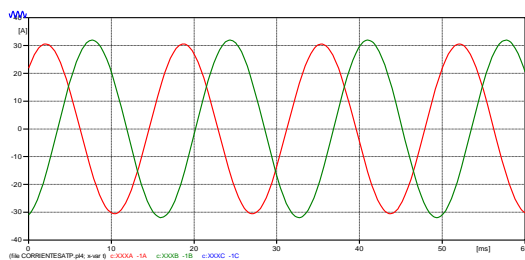
#### 4. Análisis de Resultados

El análisis de fallas fue realizado en el software ATPDraw®, obteniendo gráficas de señales previas a la falla y durante la falla en cada una de las fases, de la misma manera este software permite visualizar el sistema de distribución en cada uno de los nodos y sus cambios en el momento de la falla. La simulación de las fallas antes descritas, entregan los valores RMS, Voltaje y Corriente en función del tiempo, lo cual es muy importante para saber el momento preciso en cual ocurrió la falla y sus valores correspondientes por fase. Para la toma de datos se tomó en cuenta el sistema IEEE de 34 barras como se muestra en la Figura 6.

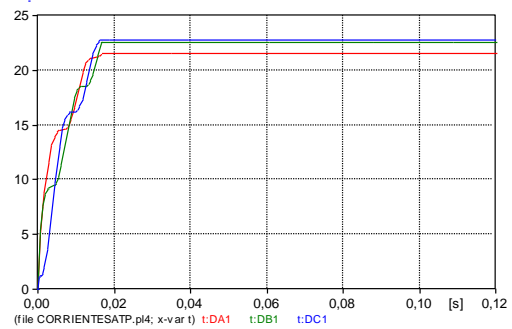


**Figura 6.** Sistema eléctrico de distribución de prueba IEEE34 barras.  
Fuente: Autor

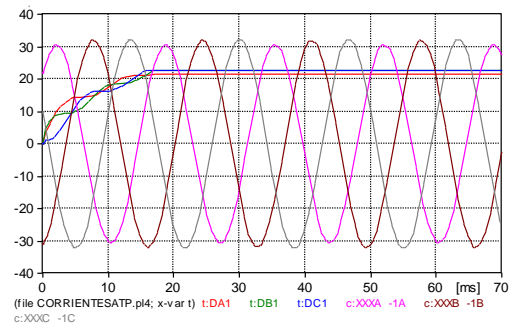
El sistema de prueba IEEE 34 barras es un sistema idóneo ya que tiene las características y las zonas para poder describir los eventos en falla como valores RMS y la descripción de cada nodo. Para este caso se simulará el troncal principal del sistema antes mencionado. En la Figura 7 se muestra las corrientes en pre falla y la Figura 10 muestra las corrientes en falla trifásica después de los 10 milisegundos de los nodos de la troncal principal del sistema de la IEEE de 34 barras y de la misma manera, los valores RMS de las corrientes de los diferentes medidores inteligentes en diferentes barras.



**Figura 7.** Corrientes de fase de sistema de IEEE 34 barras en pre falla.

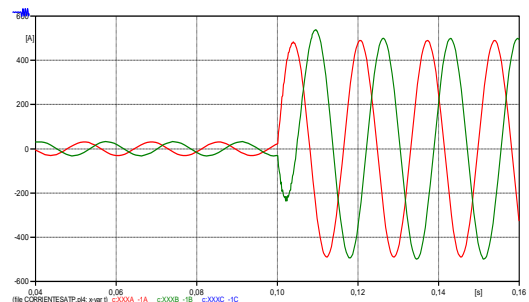


**Figura 8.** Corrientes de fase valores RMS de sistema de IEEE 34 barras en pre falla.

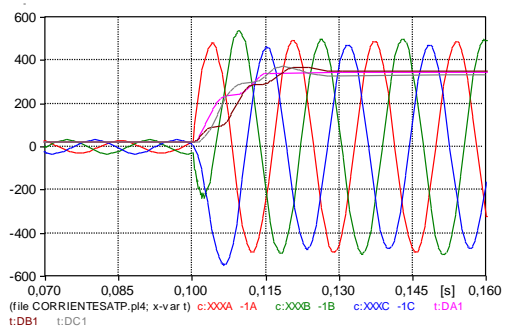


**Figura 9.** Simulación de estado estable en Sistema de prueba IEEE 34 barras.

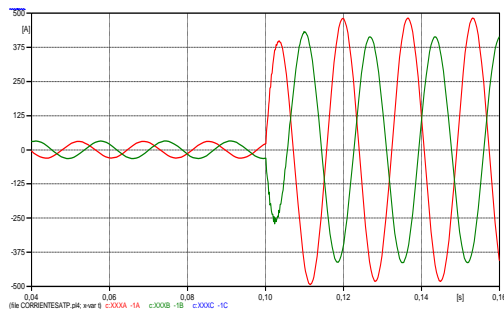
Para la simulación de las diferentes fallas en un sistema de distribución se presenta a continuación las figuras con los valores nominales así como los valores RMS de cada una de las fases.



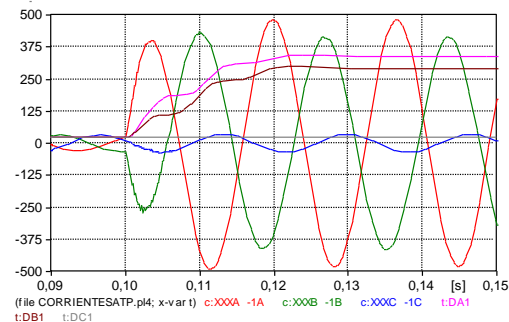
**Figura 10.** Corrientes de cortocircuito trifásico del sistema de IEEE 34 barras.



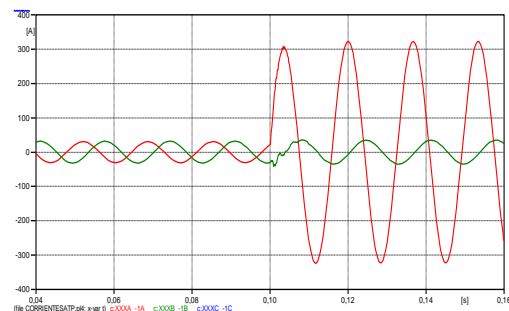
**Figura 11.** Corrientes de cortocircuito trifásico con valores RMS.



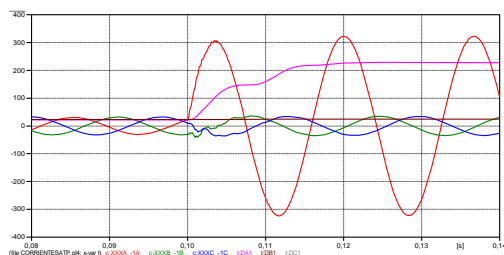
**Figura 12.** Corrientes de cortocircuito bifásico del sistema de IEEE 34 barras.



**Figura 13.** Corrientes de cortocircuito bifásico con valores RMS.



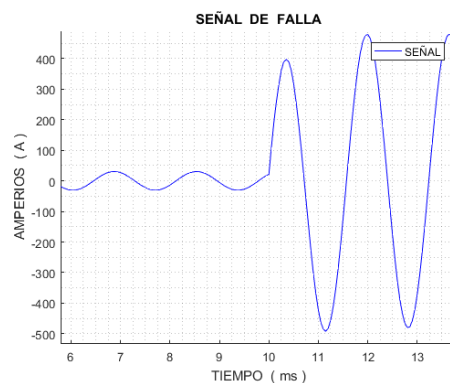
**Figura 14.** Corrientes de cortocircuito Monofásico del sistema de IEEE 34 barras.



**Figura 15.** Corrientes de cortocircuito Monofásico con valores RMS.

En el análisis de los resultados, la reconstrucción de señales en la red de distribución eléctrica se simuló con las señales de corriente de pre falla y falla las cuales se utilizaron y fueron modificadas en el porcentaje de datos de la misma para encontrar el método más

eficiente de reconstrucción de la señal para encontrar la ubicación mediante la teoría del sensado comprimido para lo cual se describe en las figuras siguientes la reconstrucción de la señal en un 50 % de los datos de la señal original, en el software matemático para la solución con cada uno de los tres métodos aplicativos para la toma de una buena visualización del cambio y reconstrucción de cada uno de los métodos utilizados que son Last Square, Basis Pursuit y Orthogonal Matching Pursuit. Mediante el desarrollo de modelamiento de ubicación de la falla se tendrán en cuenta los valores de corrientes pico de falla que se verán reflejadas en el gráfico teniendo como resultado la ubicación de la falla en el nodo descrito mediante las estadísticas de la señal del medidor inteligente.

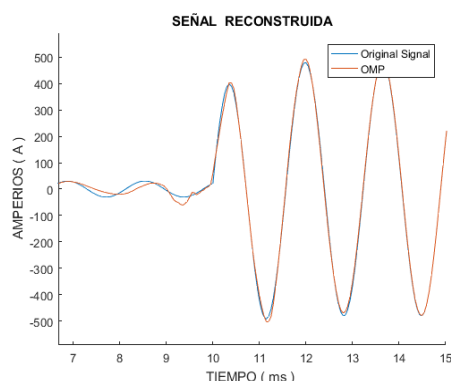


**Figura 16.** Toma de Datos de la Señal al 100%.

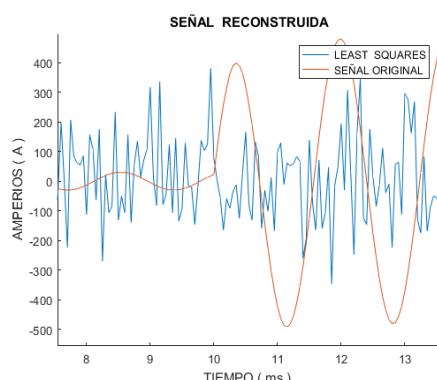
En la Figura 17 se describe la toma de datos de la señal simulada de la red de distribución teniendo en cuenta que los valores de corriente se encuentran alterados después de ocurrir la falla, la señal es simulada con todos los puntos para poder comparar cada método de reconstrucción de la señal.

La reconstrucción de la falla es de gran ayuda al momento de encontrar la ubicación de la falla mediante el comportamiento de la señal de corriente ya que, como se observa en las gráficas siguientes, tienden a variar y reflejar su magnitud en sub-corriente o sobre corriente donde la magnitud

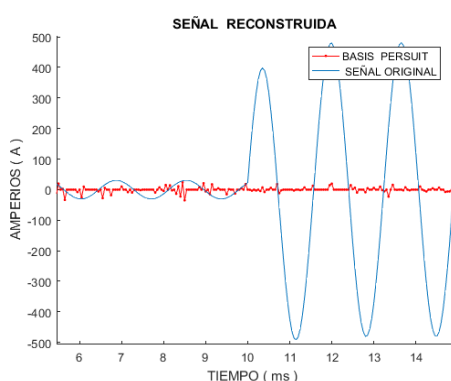
más alta de la corriente, determinará la fase de falla y por consiguiente la barra en donde ocurrió la falla.



**Figura 17.** Señal de reconstrucción Orthogonal Matching Pursuit al 50% de datos.



**Figura 18.** Señal de reconstrucción Least Square al 50% de datos.



**Figura 19.** Señal de reconstrucción Basis Pursuit al 50% de datos.

Los resultados correspondientes a los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2, en la que permite verificar el comportamiento de cada método en porcentajes de la señal original a utilizar para la simulación de la reconstrucción en cada caso se simuló en pasos de 5%

para encontrar la similitud de las curvas con la curva original.

Tabla 2. Valores de reconstrucción de la señal comparados con Original.

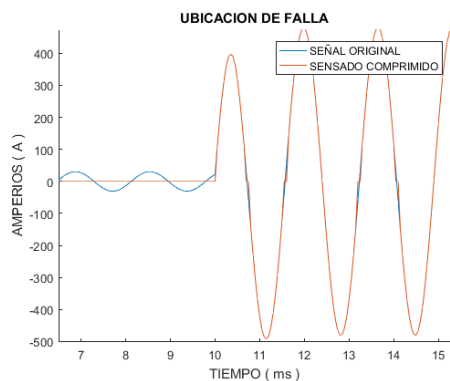
% De Señal Original	Least Square % de Señal	Basis Pursuit % de Señal	O. Marching Pursuit % de Señal
5	0,88	9,71	28,76
10	2,32	11,22	52,68
15	6,46	15,64	80,84
20	6,77	24,86	92,3
25	13,87	41,89	94,44
30	13,19	49,36	95,68
35	16,14	53,36	96,51
40	18,45	69,39	97,19
45	25,06	64,45	97,66
50	21,45	70,4	98,09
55	35,04	80,33	98,46
60	29,62	82,71	98,8
65	31,14	73,16	99,22
70	37,88	87,89	99,51
75	41,53	87,39	99,7
80	50,24	79,62	99,82
85	67,08	84,13	99,94
90	60,25	83,01	99,98
95	82,17	97,32	100
100	100	100	100

Como se muestra en la tabla 2 cada método propuesto para la reconstrucción de la señal tiene su porcentaje de acercamiento a la señal original, esto hace que se pueda apreciar la variación de reconstrucción por cada paso de porcentaje de señal original, como se observa el método de Least square, según los valores, que es el menos eficiente en la reconstrucción de la señal teniendo un 21% de reconstrucción al 50% de datos de la señal original siendo el más bajo rendimiento de los métodos propuestos. De la misma manera el análisis del método Basis Pursuit es mucho más uniforme ya que con el mismo porcentaje anterior del 50% de

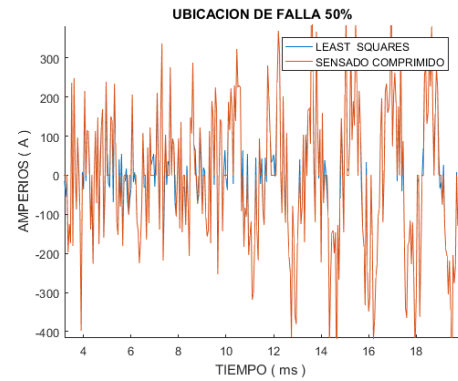


datos de la señal original, muestra el 70,4% de reconstrucción de la misma, en este caso el método se acerca más y su error de reconstrucción es mínimo. Por último la reconstrucción por Orthogonal Matching Pursuit es el método que tiene menor error el cual mantiene un rango de similitud más alto al de los anteriores métodos haciendo de este el más eficiente ya que tiene un 98,9% de reconstrucción de la señal original ante un 50% de datos, obteniendo así el método con mejores resultados al reconstruir la señal.

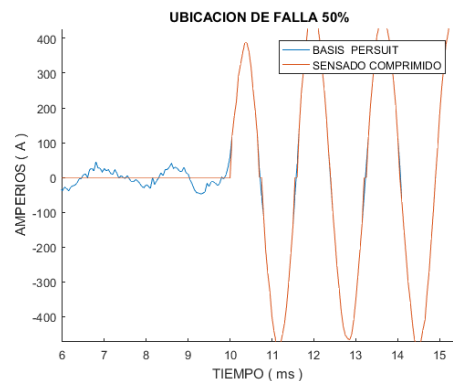
Para la resolución de la ubicación de la falla basados en sensado comprimido en una red de distribución eléctrica, se simuló la señal en falla, después de encontrar el método de reconstrucción de la señal más idónea y con el análisis descrita anteriormente se avaluó los valores de corriente de falla que mediante el sensado comprimido muestra la ubicación al momento del cambio de la señal, como se muestra en la Figura 21, para ello se encuentra cada método usando y la ubicación de la falla que cada uno de estos muestra, como ya se demostró anteriormente el método de Orthogonal Matching Pursuit es el más eficiente al momento de analizar la señal, por lo tanto la ubicación de la falla se muestra muy claramente en las gráficas siguientes.



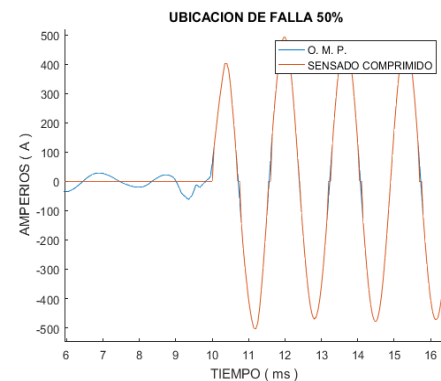
**Figura 20.** Ubicación de falla de señal original con sensado comprimido.



**Figura 21.** Ubicación de falla de señal Least Square con sensado comprimido.



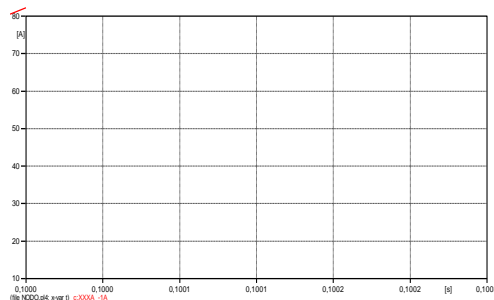
**Figura 22.** Ubicación de falla de señal Basis Pursuit con sensado comprimido.



**Figura 23.** Ubicación de falla O. Marching Pursuit con sensado comprimido.

Como se observa en las Figuras 21, 22, 23, 24, se ha realizado la aplicación del sensado comprimido con el menor número de datos de la señal original en cada uno de los métodos, en los cuales se observa que el método Orthogonal Matching Pursuit, es el más idóneo ya que para casi un 95% de la reconstrucción de la señal utiliza el 25% de datos de la señal, haciendo de este el método más eficiente al ubicar

la falla con el mínimo despliegue de medidores inteligentes que entreguen las señales de estado de pre falla y falla.

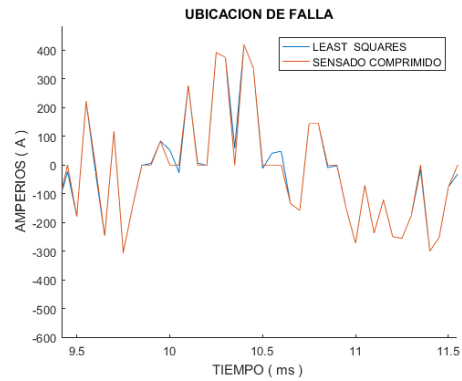


**Figura 24.** Tiempo de falla real tomado de software ATPDraw.

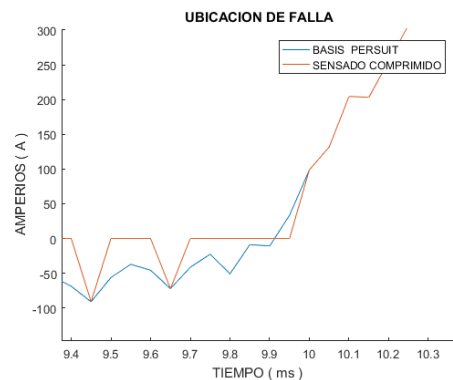
El tiempo de falla real es tomado de software de simulación ATPDraw® en el rango propuesto de 70 amperios como detección de la falla en la red de distribución, como se observa en la figura 25, el valor del tiempo de falla es de 10,030 milisegundos en las gráficas siguientes y se comparan los tiempos obtenidos por cada método propuesto, los valores obtenidos se analizan en la siguiente tabla 3.

Tabla 3. Valores de tiempo de localización de falla.

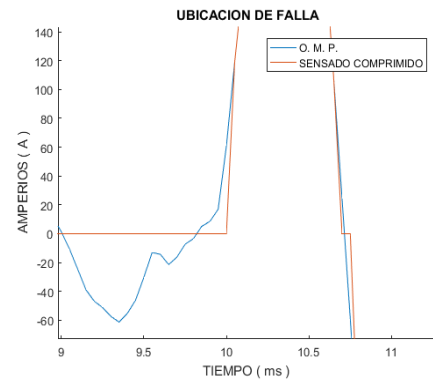
Señal	Datos %	Tiempo S.C	Error %
Señal ATPDraw	100%	10,030 ms	0%
Señal original Matlab	100%	10,031 ms	0%
Señal reconstruida Least square	50%	10,400 ms	4%
Señal reconstruida Basis persuit	50%	9,900 ms	5%
Señal reconstruida Ortogonal Matching Pursuit	50%	10,039 ms	1%



**Figura 25.** Tiempo de falla real con señal Least Square.



**Figura 26.** Tiempo de falla real con señal Basis Pursuit.



**Figura 27.** Tiempo de falla real con señal Orthogonal Matching Pursuit.

El tiempo de ubicación de la falla es aquel que se encuentra en el rango de corriente dado que el sensado comprimido tiene para realizar la ubicación de la falla para lo cual el error es calculado a partir de la señal original donde la reconstrucción de la señal mediante los algoritmos, se analizan para llegar al método con menor error, en este caso el método de Orthogonal Matching Pursuit, es nuevamente el que ubica la señal de

falla en el rango dado con mayor exactitud teniendo un 1% de error con el 50% de datos de la señal original.

## 5. Conclusiones

- El trabajo se basa en la ubicación de fallas con la ayuda de sensado comprimido y con la utilización de los filtros wavelets que mediante un algoritmo de reconstrucción de la curva y la norma de minimización  $l_1$ , permiten ubicar la perturbación o falla en el lugar que ocurre.
- El análisis se comprende las señales de voltaje de pre-falla y falla para que mediante el sensado comprimido y el diccionario utilizado de las señales wavelets formen un vector de representación disperso ubicando así la falla en la red de distribución eléctrica. El algoritmo de la reconstrucción de la curva de los voltajes en la red de distribución propuesta se realiza con la técnica de reconstrucción dispersa que utiliza la menor cantidad de datos de la señal y la reconstruye formando una señal más fiable para minimizar errores en la ubicación de fallas en un mínimo intervalo de tiempo desde que ocurre la falla hasta el despeje y estabilidad del sistema.
- La utilización de menos datos en la creación de las señales de voltaje, corriente y ángulo hace que el sensado comprimido sea de gran ayuda en la red de nodos del sistema de distribución al momento de una falla ya que la reconstrucción de la señal frente a otros métodos es más confiable y beneficioso al momento de localizar y realizar el análisis de las señales obtenidas.
- El método propuesto indica la minimización del error al momento de la localización con respecto a la ubicación real de la falla en la red

de estudio propuesto ya que las barras que tuvieron falla se realizó la respectiva toma de valores en pre-falla comparándolos con el resultado del sensado comprimido y teniendo un margen de error menor a los esperados durante la simulación de los tres algoritmos.

- El trabajo realiza la toma de valores de corrientes independientemente del tipo de falla que se haya producido ayudando a que la ubicación sea en menor tiempo como una herramienta eficaz y precisa para el restablecimiento del sistema eléctrico de potencia con el menor número de datos de la señal original.

### 5.1 Trabajos futuros

El sensado comprimido, como se ha descrito en este artículo, es una herramienta de gran utilidad para la ubicación de fallas en redes de distribución eléctrica, se la puede emplear en diferentes áreas en las cuales la recuperación y eficiencia de las señales sean de gran necesidad. La fiabilidad del método propuesto hace que el sensado comprimido pueda ubicar cambios en la estabilidad de un sistema, con la ayuda de las señales wavelets el método se hace más robusto al momento del trabajo de mediciones en tiempo real teniendo un desempeño satisfactorio en diferentes escenarios; para ello se puede reformular nuevas técnicas para el desarrollo de implementos para la ubicación de fallas en redes eléctricas.

## 6. Referencias

- [1] S. Jamali, A. Bahmanyar, and E. Bompard, "Fault location method for distribution networks using smart meters," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 102, pp. 150–157, 2017.
- [2] L. He, Z. Wu, Z. Xu, and I.

- Voloh, "Fault Location in Distribution System with Load Uncertainty Analysis," no. Powercon, pp. 20–22, 2014.
- [3] J. Tang, X. Yin, Z. Zhang, D. You, L. Ye, and Z. He, "Fault location in distribution networks base on the use of wavelet packet analysis," *DRPT 2011 - 2011 4th Int. Conf. Electr. Util. Deregul. Restruct. Power Technol.*, pp. 825–830, 2011.
- [4] M. Majidi, A. Arabali, and M. Etezadi-Amoli, "Fault Location in Distribution Networks by Compressive Sensing," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 30, no. 4, pp. 1761–1769, 2015.
- [5] C. Orozco-Henao, A. S. Bretas, R. Chouhy-Leborgne, A. R. Herrera-Orozco, and J. Marín-Quintero, "Active distribution network fault location methodology: A minimum fault reactance and Fibonacci search approach," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 84, pp. 232–241, 2017.
- [6] A. Bahmanyar and S. Jamali, "Fault location in active distribution networks using non-synchronized measurements," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 93, pp. 451–458, 2017.
- [7] M. Shafiullah, M. A. Abido, and Z. Al-Hamouz, "Wavelet-based extreme learning machine for distribution grid fault location," *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 11, no. 17, pp. 4256–4263, 2017.
- [8] D. Carrión, J. W. González, and G. J. López, "Optimal Fault Location in Transmission Lines Using Hybrid Method," 2017.
- [9] J. Flórez, "Localización de faltas en sistemas de distribución de energía eléctrica usando métodos basados en el modelo y métodos basados en el conocimiento," *Univ. Girona*, vol. I Volumen, no. Localizacion de Fallas en sistemas de distribucion, p. 151, 2007.
- [10] V. Laface, I. A. Kougioumtzoglou, G. Malara, and F. Arena, "Efficient processing of water wave records via compressive sensing and joint time-frequency analysis via harmonic wavelets," *Appl. Ocean Res.*, vol. 69, pp. 1–9, 2017.
- [11] B. Feizifar, M. R. Haghifam, S. Soleymani, and A. Jamilazari, "Fault location in combined overhead line and underground cable distribution networks using fault transient based mother wavelets," *12th Int. Conf. Environ. Electr. Eng. IEEEIC 2013*, pp. 41–45, 2013.
- [12] S. Dzakmic, T. Namas, and I. Dzafic, "Fault Classification Using Multi-resolution Analysis and Discrete Wavelet Transforms," pp. 1–6, 2017.
- [13] G. Vamsi, "A Four Terminal Transmission Line Protection by Wavelet Approach in the Presence of SVC using Hybrid Generation," pp. 3–8, 2017.
- [14] P. K. Nayak, K. Sarwagya, and T. Biswal, "A Novel High Impedance Fault Detection Technique in Distribution Systems With Distributed Generators," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, 2017.
- [15] M. Majidi, M. Etezadi-Amoli, and M. Sami Fadali, "A Novel Method for Single and Simultaneous Fault Location in Distribution Networks," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 30, no. 6, pp. 1–9, 2014.
- [16] R. Kumar and D. Saxena, "Fault Location in Distribution

- Network with Distributed Generation: An Overview and Key Issues,” p. 6, 2016.
- [17] R. Perez, “IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN SISTEMAS,” no. September, 2016.
- [18] A. Correa and R. Pérez, “Localización de fallas en sistemas eléctricos de distribución basados en la matriz de impedancia de barra.” Quito, 2017.
- [19] F. M. Aboshady, M. Sumner, and D. W. P. Thomas, “A double end fault location technique for distribution systems based on fault-generated transients,” *2017 IEEE 26th Int. Symp. Ind. Electron.*, pp. 32–36, 2017.
- [20] L. Shu-guang and Q. Ping-ge, “A fault detection and isolation algorithm for distribution systems containing distributed generations,” vol. 1, no. x, pp. 1753–1756, 2011.
- [21] A. Campoccia, M. L. Di Silvestre, I. Incontrera, and E. Riva Sanseverino, “A generalized methodology for distribution systems faults identification, location and characterization,” *2005 IEEE Russ. Power Tech, PowerTech*, pp. 1–7, 2005.
- [22] M.-F. Guo, X.-D. Zeng, D.-Y. Chen, and N.-C. Yang, “Deep-learning-based Earth Fault Detection using Continuous Wavelet Transform and Convolutional Neural Network in Resonant Grounding Distribution Systems,” *IEEE Sens. J.*, vol. 18, no. 3, pp. 1–1, 2017.
- [23] N. A. C. Andryani, D. Sudiana, and D. Gunawan, “Electrical Capacitance Volume Tomography Static Imaging using Compressive Sensing with l 1 Sparse Recovery,” pp. 50–56, 2017.
- [24] M. Wan, G. Y. Z. Lai, and Z. Jin, “Feature extraction based on fuzzy local discriminant embedding with applications to face recognition,” no. May 2010, pp. 301–308, 2011.
- [25] A. Padilha-feltrin, I. Eléctrico, and D. Ph, “Flujo de potencia en sistemas de distribución considerando incertidumbre en la demanda y en los parámetros de los alimentadores,” no. 39, pp. 25–30, 2008.
- [26] E. Signal and P. Conference, “GREEDY PURSUITS ASSISTED BASIS PURSUIT FOR COMPRESSIVE SENSING Sathiya Narayanan , Sujit Kumar Sahoo and Anamitra Makur School of Electrical and Electronic Engineering , Nanyang Technological University , Singapore Email : sathiya3@e.ntu.edu.sg,” pp. 694–698, 2015.
- [27] W. Dullaert, H. Rogier, L. De Camillis, and T. Dhaene, “Improving Link Quality of UWB Communication Links by Means of PSWF-Basis Pursuit Denoising,” *IEEE Top. Conf. Antennas Propag. Wirel.*, pp. 126–129, 2011.
- [28] Y. Gu and N. A. Goodman, “Information-Theoretic Compressive Sensing Kernel Optimization and Bayesian Cramér-Rao Bound for Time Delay Estimation,” *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 65, no. 17, pp. 4525–4537, 2017.
- [29] H. Chen, P. D. S. Assala, Y. Cai, and P. Yang, “Intelligent Transient Overvoltage Location in Distribution Systems Using Wavelet Packet Decomposition and General Regression Neural

- Networks,” *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. PP, no. 99, pp. 1–1, 2016.
- [30] F. Trindade and W. Freitas, “Low Voltage Zones to Support Fault Location in Distribution Systems With Smart Meters,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. pp, no. 99, pp. 1–10, 2016.
- [31] Y. Gu, Y. D. Zhang, and N. A. Goodman, “Optimized compressive sensing-based direction-of-arrival estimation in massive MIMO,” *ICASSP, IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process. - Proc.*, no. 1, pp. 3181–3185, 2017.
- [32] Y. Zhang, L. Comerford, I. A. Kougiumtzoglou, and M. Beer, “Lp-norm minimization for stochastic process power spectrum estimation subject to incomplete data,” *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 101, pp. 361–376, 2018.
- [33] R. Torkamani and R. A. Sadeghzadeh, “Bayesian compressive sensing using wavelet based Markov random fields,” *Signal Process. Image Commun.*, vol. 58, no. February, pp. 65–72, 2017.
- [34] E. Ambikairajah, D. Zhang, T. Phung, T. Blackburn, and J. Chen, “Detection of high impedance faults using current transformers for sensing and identification based on features extracted using wavelet transform,” *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 10, no. 12, pp. 2990–2998, 2016.
- [35] P. Zhang, S. Wang, K. Guo, and J. Wang, “A secure data collection scheme based on compressive sensing in wireless sensor networks,” *Ad Hoc Networks*, vol. 70, pp. 73–84, 2018.
- [36] I. Rozenberg and Y. Levron, “Applications of compressed sensing and sparse representations for state estimation in power systems,” *Microwaves, Commun. Antennas Electron. Syst. (COMCAS), 2015 IEEE Int. Conf.*, no. November, pp. 1–4, 2015.
- [37] L. A. Comerford and M. Beer, “Compressive sensing based power spectrum estimation from incomplete records by utilizing an adaptive basis,” 2014.
- [38] S. Qaisar, R. M. Bilal, W. Iqbal, M. Naureen, and S. Lee, “Compressive Sensing: From Theory to Applications , a Survey,” vol. 15, no. 5, pp. 443–456, 2013.
- [39] V. Duarte, Marco; Cameron, “Compressive Sensing for Signal Ensembles,” *Ieee*, pp. 244–250, 2009.
- [40] H. Mahyar *et al.*, “Compressive sensing of high betweenness centrality nodes in networks,” *Phys. A Stat. Mech. its Appl.*, vol. 497, pp. 166–184, 2018.
- [41] L. Comerford, H. A. Jensen, F. Mayorga, M. Beer, and I. A. Kougiumtzoglou, “Compressive sensing with an adaptive wavelet basis for structural system response and reliability analysis under missing data,” *Comput. Struct.*, vol. 182, pp. 26–40, 2017.
- [42] J. C. Ferreira, E. L. Flores, and G. A. Carrijo, “Quantization Noise on Image Reconstruction Using Model-Based Compressive Sensing,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 13, no. 4, pp. 1167–1177, 2015.
- [43] P. . Andrade Montoya and E. . Inga Ortega, “Reconstrucción de la curva de carga eléctrica residencial a partir de selección muestral usando sensado comprimido,” 2017.

- [44] M. Majidi, M. Etezadi-Amoli, and H. Livani, "Distribution system state estimation using compressive sensing," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 88, pp. 175–186, 2017.
- [45] G. Chen, M. Gan, C. L. P. Chen, and H. Li, "A Regularized Variable Projection Algorithm for Separable Nonlinear Least Squares Problems," *IEEE Trans. Automatic Control*, vol. 9286, no. 4, pp. 1–12, 2018.
- [46] C. Geng and S. Chen, "Metric Learning-Guided Least Squares Classifier Learning," pp. 1–6, 2018.
- [47] S. Zhu, C. Chen, J. Xu, and X. Guan, "Mitigating Quantization Effects on Distributed Sensor Fusion: A Least Squares Approach," vol. 639798, no. c, pp. 1–17, 2018.
- [48] L. A. Sutawika, "Restricted Boltzmann Machines for Unsupervised Feature Selection with Partial Least Square Feature Extractor for Microarray Datasets," pp. 257–260, 2017.
- [49] H. Ohlsson, A. Y. Yang, R. Dong, and S. S. Sastry, "Nonlinear Basis Pursuit."
- [50] Y. Hsiaot and L. Daniel, "Sparse Basis Pursuit on Automatic Nonlinear Circuit Modeling [Invited Special Session Paper]," no. 1.
- [51] M. Suchithra, P. Sukanya, P. Prabha, O. K. Sikha, V. Sowmya, and K. P. Soman, "An Experimental Study on Application of Orthogonal Matching Pursuit Algorithm for Image Denoising," pp. 729–736, 2013.
- [52] C. Engineering and T. Nadu, "Compressed Sensing Based Quantization with Prediction Encoding / or Video Transmission in WSN," pp. 52–58, 2015.
- [53] J. Scarlett, J. S. Evans, S. Dey, and S. Member, "Compressed Sensing with Prior Information: Information-Theoretic Limits and Practical Decoders," no. c, 2011.
- [54] J. Wang, B. Shim, and S. Member, "Exact Recovery of Sparse Signals Using Orthogonal Matching Pursuit: How Many Iterations Do We," vol. 2, no. 2, pp. 1–9, 2016.
- [55] J. Wang and B. Shim, "On the Recovery Limit of Sparse Signals Using Orthogonal Matching Pursuit," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 60, no. 9, pp. 4973–4976, 2012.

## 7. Estado del Arte

Tabla 4. Matriz del estado del arte

UBICACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA BASADO EN SENSADO COMPRIMIDO																														
	DATOS			TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA								
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Nº DE CITAS PUBLISH OR PERISH	FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	SENSADO COMPRIMIDO	ESTABILIDAD DE VOLTAJE WAVELETS	DETECCIÓN DE FALLAS	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE SEÑALES	ESTABILIDAD / CÁLCULO DE ERROR	ESTABILIDAD DE VOLTAJE Y CORRIENTE	SMART METERS	COSTO	ENRUTAMIENTO	CONDICIÓN DE CAPACIDAD/ PRECISIÓN	TIEMPO DE LOCALIZACIÓN DE FALLA	CONDICIONES DE COBERTURA	ILP	MILP	MINLP	ALGORITMOS, HEURÍSTICA o METAHEURÍSTICAS	WAVELETS	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	MINIMIZACIÓN DE FALLAS	WAVELETS	RESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA	SENSADO COMPRIMIDO	SIMULACION Y COMPARACIÓN	
1	2017	A new technique to locate faults in distribution networks based on optimal coordination of numerical directional overcurrent relays	1	✖	☐	☐	✖	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	✖	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	☐	✖	✖	✖	☐	☐	☐	☐
2	2017	A double end fault location technique for distribution systems based on fault-generated transients	1	✖	✖	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	✖	✖	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	✖	☐	☐	☐	✖
3	2017	A scheme based on ANNs for single-phase fault location in distribution systems with DG	0	☐	✖	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	✖	✖	☐	☐	✖	☐	☐	☐	✖	☐	✖	✖	✖	☐	☐	☐	☐
4	2016	A Novel High Impedance Fault Detection Technique in Distribution Systems With Distributed Generators	0	☐	✖	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	✖	☐	☐	✖
5	2016	Low Voltage Zones to Support Fault Location in Distribution Systems With Smart Meters	7	✖	✖	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	✖	✖	✖	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐
6	2005	A generalized methodology for distribution systems faults identification, location and characterization	7	☐	✖	☐	☐	☐	☐	✖	☐	✖	☐	☐	☐	✖	☐	✖	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐
7	2017	Optimized compressive sensing-based direction-of-arrival estimation in massive MIMO	8	☐	✖	✖	☐	☐	☐	✖	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	✖
8	1974	Harmonic analysis applied to seasonal variations in sickness absence	75	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



# UBICACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA BASADO EN SENSADO COMPRIMIDO

	DATOS			TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO						RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA									
ITEM	AÑO	TITULO DEL ARTÍCULO	N° DE CITAS PUBLISH OR PERISH	FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	SENSADO COMPRIMIDO	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	WAVELETS	DETECCIÓN DE FALLAS	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE SEÑALES	ESTABILIDAD / CÁLCULO DE ERROR	ESTABILIDAD DE VOLTAJE Y CORRIENTE	SMART METERS	COSTO	ENRUTAMIENTO	CONDICIÓN DE CAPACIDAD/ PRECISIÓN	TIEMPO DE LOCALIZACIÓN DE FALLA	CONDICIONES DE COBERTURA	ILP	MILP	MINLP	ALGORITMOS, HEURÍSTICA o METAHEURÍSTICAS	WAVELETS	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	MINIMIZACION DE FALLAS	WAVELETS	RESTABLESIMIENTO DEL SISTEMA	SENSADO COMPRIMIDO	SIMULACION Y COMPARACIÓN	
9	2017	Information-Theoretic Compressive Sensing Kernel Optimization and Bayesian Cramér-Rao Bound for Time Delay Estimation	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	2009	Compressive Sensing for Signal Ensembles	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	2013	Fault location in combined overhead line and underground cable distribution networks using fault transient based mother wavelets	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	2017	Reconstruction of Dispersion Curves in the Frequency-Wavenumber Domain Using Compressed Sensing on a Random Array	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	2015	Applications of compressed sensing and sparse representations for state estimation in power systems	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	2015	Fault Location in Distribution Networks by Compressive Sensing	36	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	2011	Fault location in distribution networks base on the use of wavelet packet analysis	6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	2017	Electrical Capacitance Volume Tomography Static Imaging using Compressive Sensing with l1 Sparse Recovery	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	2011	Fault locating in ungrounded and high-resistance grounded systems	111	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# UBICACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA BASADO EN SENSADO COMPRIMIDO

	DATOS			TEMÁTICA			FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA			SOLUCIÓN PROPUESTA													
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Nº DE CITAS PUBLISH OR PERISH	FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	SENSADO COMPRIMIDO	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	WAVELETS	DETECCIÓN DE FALLAS	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE SEÑALES	ESTABILIDAD / CÁLCULO DE ERROR	ESTABILIDAD DE VOLTAJE Y CORRIENTE	SMART METERS	COSTO	ENRUTAMIENTO	CONDICIÓN DE CAPACIDAD/ PRECISIÓN	TIEMPO DE LOCALIZACIÓN DE FALLA	CONDICIONES DE COBERTURA	ILP	MILP	MINLP	ALGORITMOS, HEURÍSTICA o METAHEURÍSTICAS	WAVELETS	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	MINIMIZACIÓN DE FALLAS	WAVELETS	RESTABLESIMIENTO DEL SISTEMA	SENSADO COMPRIMIDO	SIMULACION Y COMPARACIÓN	
18	2014	A Novel Method for Single and Simultaneous Fault Location in Distribution Networks	40	✖	✖	☐	✖	☐	✖	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	✖	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	☐
19	2011	Diagnosis of impedance fault in distribution system with distributed generations using radial basis function neural network	0	✖	☐	☐	✖	☐	☐	✖	✖	✖	☐	✖	☐	✖	✖	☐	✖	☐	✖	☐	☐	✖	☐	✖	✖	☐	✖	☐	☐
20	2014	Fault Location in Distribution System with Load Uncertainty Analysis	5	☐	✖	☐	☐	✖	✖	☐	☐	☐	✖	☐	✖	☐	✖	☐	☐	✖	☐	☐	☐	✖	☐	☐	✖	✖	✖	☐	☐
21	2001	D Itribution S Ystem C Ost M Ethodologies for D Itributed	11	✖	✖	☐	✖	✖	☐	☐	✖	☐	☐	✖	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	✖	☐	☐	✖	✖
22	2011	A fault detection and isolation algorithm for distribution systems containing distributed generations	0	✖	☐	☐	✖	☐	☐	☐	✖	✖	☐	☐	☐	☐	☐	☐	✖	✖	☐	✖	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐
23	2017	A Four Terminal Transmission Line Protection by Wavelet Approach in the Presence of SVC using Hybrid Generation	15	☐	✖	☐	☐	✖	☐	✖	☐	✖	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	✖	☐	✖	☐
24	2018	A Regularized Variable Projection Algorithm for Separable Nonlinear Least Squares Problems	1	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	✖	✖	✖	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	☐	✖
25	2018	A secure data collection scheme based on compressive sensing in wireless sensor networks	1	✖	☐	✖	✖	☐	☐	☐	☐	✖	✖	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	✖	✖	☐	☐	✖	☐	☐	✖	☐
26	2017	Active distribution network fault location methodology: A minimum fault reactance and Fibonacci search approach	11	✖	✖	✖	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	☐	☐	☐	✖	☐	☐	✖	✖	☐	✖	☐

# UBICACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA BASADO EN SENSADO COMPRIMIDO

	DATOS			TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO					RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA			SOLUCIÓN PROPUESTA											
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	N° DE CITAS PUBLISH OR PERISH	FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	SENSADO COMPRIMIDO	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	WAVELETS	DETECCIÓN DE FALLAS	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE SEÑALES	ESTABILIDAD / CÁLCULO DE ERROR	ESTABILIDAD DE VOLTAJE Y CORRIENTE	SMART METERS	COSTO	ENRUTAMIENTO	CONDICIÓN DE CAPACIDAD/ PRECISIÓN	TIEMPO DE LOCALIZACIÓN DE FALLA	CONDICIONES DE COBERTURA	ILP	MILP	MINLP	ALGORITMOS, HEURÍSTICA o METAHEURÍSTICAS	WAVELETS	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	MINIMIZACION DE FALLAS	WAVELETS	RESTABLESIMIENTO DEL SISTEMA	SENSADO COMPRIMIDO	SIMULACION Y COMPARACIÓN	
27	2013	An Experimental Study on Application of Orthogonal Matching Pursuit Algorithm for Image Denoising	6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	2015	Análisis del comportamiento eléctrico del sistema de distribución ieee de 34 nodos usando un compensador estático de distribución (dstatcom) diseñado en atp/emtp para la mitigación de sags y la mejora del factor de potencia	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	2017	Bayesian compressive sensing using wavelet based Markov random fields	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	2015	Compressed Sensing Based Quantization with Prediction Encoding / or Video Transmission in WSN	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31	2011	Compressed Sensing with Prior Information : Information-Theoretic Limits and Practical Decoders	49	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32	2013	Compressive Sensing : From Theory to Applications , a Survey	229	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33	2014	Compressive sensing based power spectrum estimation from incomplete records by utilizing an adaptive basis	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34	2018	Compressive sensing of high betweenness centrality nodes in networks	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35	2017	Compressive sensing with an adaptive wavelet basis for structural system response and reliability analysis under missing data	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# UBICACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA BASADO EN SENSADO COMPRIMIDO

	DATOS			TEMÁTICA			FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA			SOLUCIÓN PROPUESTA															
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Nº DE CITAS PUBLISH OR PERISH	FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	SENSADO COMPRIMIDO	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	WAVELETS	DETECCIÓN DE FALLAS	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE SEÑALES	ESTABILIDAD / CÁLCULO DE ERROR	ESTABILIDAD DE VOLTAJE Y CORRIENTE	SMART METERS	COSTO	ENRUTAMIENTO	CONDICIÓN DE CAPACIDAD/ PRECISIÓN	TIEMPO DE LOCALIZACIÓN DE FALLA	CONDICIONES DE COBERTURA	ILP	MILP	MINLP	ALGORITMOS, HEURÍSTICA o METAHEURÍSTICAS	WAVELETS	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	MINIMIZACIÓN DE FALLAS	WAVELETS	RESTABLESIMIENTO DEL SISTEMA	SENSADO COMPRIMIDO	SIMULACION Y COMPARACIÓN	
36	2001	D Itribution S Ystem C Ost M Ethodologies for D Itributed	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37	2017	Deep-learning-based Earth Fault Detection using Continuous Wavelet Transform and Convolutional Neural Network in Resonant	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38	2016	Detection of high impedance faults using current transformers for sensing and identification based on features extracted using wavelet transform	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	2017	Distribution system state estimation using compressive sensing	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40	2017	Efficient processing of water wave records via compressive sensing and joint time-frequency analysis via harmonic wavelets	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41	2016	Exact Recovery of Sparse Signals Using Orthogonal Matching Pursuit : How Many Iterations Do We	11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42	2017	Fault location in active distribution networks using non-synchronized measurements	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43	2016	Fault Location in Distribution Network with Distributed Generation: An Overview and Key Issues	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44	2011	Fault location in distribution networks base on the use of wavelet packet analysis	6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# UBICACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA BASADO EN SENSADO COMPRIMIDO

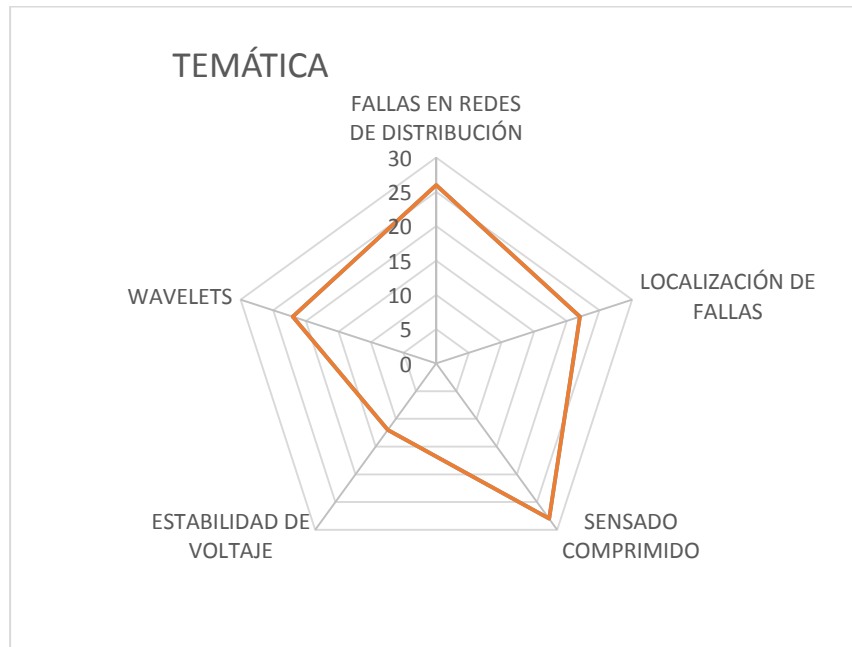
		DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO						RESTRICCIONES DEL PROBLEMA		PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA											
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Nº DE CITAS PUBLISH OR PERISH	FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	SENSADO COMPRIMIDO	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	WAVELETS	DETECCIÓN DE FALLAS	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE SEÑALES	ESTABILIDAD / CÁLCULO DE ERROR	ESTABILIDAD DE VOLTAJE Y CORRIENTE	SMART METERS	COSTO	ENRUTAMIENTO	CONDICIÓN DE CAPACIDAD/ PRECISIÓN	TIEMPO DE LOCALIZACIÓN DE FALLA	CONDICIONES DE COBERTURA	ILP	MILP	MINLP	ALGORITMOS, HEURÍSTICA o METAHEURÍSTICAS	WAVELETS	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	MINIMIZACIÓN DE FALLAS	WAVELETS	RESTABLESIMIENTO DEL SISTEMA	SENSADO COMPRIMIDO	SIMULACION Y COMPARACIÓN	
45	2017	Fault location method for distribution networks using smart meters	5	✖	□	✖	✖	□	□	□	✖	□	✖	✖	□	□	✖	□	□	□	□	□	□	✖	□	□	□	✖	□	✖	□
46	2011	Feature extraction based on fuzzy local discriminant embedding with applications to face recognition	20	✖	□	✖	✖	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	✖	□	□	□	□	□	✖	✖	□	✖	□	□	□	✖
47	2008	Flujo de potencia en sistemas de distribución considerando incertidumbre en la demanda y en los parámetros de los alimentadores	1	✖	□	□	□	✖	□	□	□	✖	□	□	□	□	□	□	✖	□	□	MINLP	✖	□	□	✖	□	□	□	□	✖
48	2015	GREEDY PURSUITS ASSISTED BASIS PURSUIT FOR COMPRESSIVE SENSING	15	□	□	✖	□	□	□	✖	✖	□	□	□	□	□	✖	□	□	□	□	□	✖	□	□	□	□	✖	□	□	□
49	2016	IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN SISTEMAS	11	□	✖	□	□	□	✖	□	□	□	□	□	□	□	✖	□	□	□	□	✖	□	□	□	✖	□	□	✖	□	□
50	2011	Improving Link Quality of UWB Communication Links by Means of PSWF-Basis Pursuit Denoising	7	□	□	✖	□	✖	□	□	✖	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	✖	□	□	□	□	✖	□	□
51	2016	Intelligent Transient Overvoltage Location in Distribution Systems Using Wavelet Packet Decomposition and General Regression Neural Networks	10	✖	□	□	□	✖	□	□	✖	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	✖	□	□	□	✖	✖	□
52	2007	Localización de faltas en sistemas de distribución de energía eléctrica usando métodos basados en el modelo y métodos basados en el conocimiento	73	✖	□	□	□	□	□	✖	□	□	✖	□	□	□	□	✖	□	□	□	□	□	✖	□	□	✖	□	□	□	□
53	2018	Lp-norm minimization for stochastic process power spectrum estimation subject to incomplete data	9	□	□	□	✖	□	□	□	✖	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	✖	□

# UBICACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA BASADO EN SENSADO COMPRIMIDO

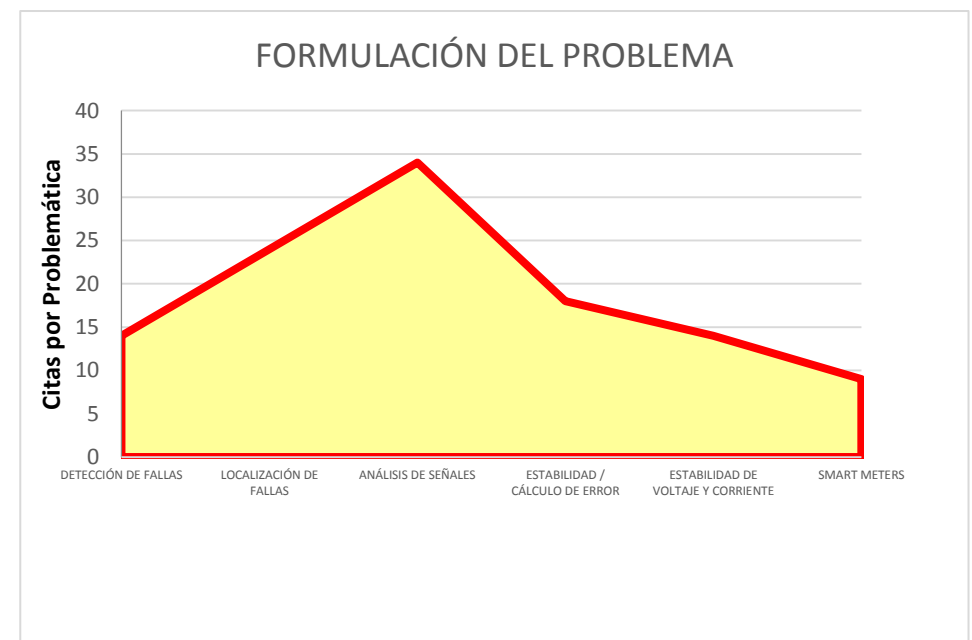
	DATOS			TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA			SOLUCIÓN PROPUESTA													
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Nº DE CITAS PUBLISH OR PERISH	FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	SENSADO COMPRIMIDO	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	WAVELETS	DETECCIÓN DE FALLAS	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE SEÑALES	ESTABILIDAD / CÁLCULO DE ERROR	ESTABILIDAD DE VOLTAJE Y CORRIENTE	SMART METERS	COSTO	ENRUTAMIENTO	CONDICIÓN DE CAPACIDAD/ PRECISIÓN	TIEMPO DE LOCALIZACIÓN DE FALLA	CONDICIONES DE COBERTURA	ILP	MILP	MINLP	ALGORITMOS, HEURÍSTICA o METAHEURÍSTICAS	WAVELETS	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	MINIMIZACIÓN DE FALLAS	WAVELETS	RESTABLESIMIENTO DEL SISTEMA	SENSADO COMPRIMIDO	SIMULACION Y COMPARACIÓN	
54	2018	Metric Learning-Guided Least Squares Classifier Learning	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
55	2018	Mitigating Quantization Effects on Distributed Sensor Fusion : A Least Squares Approach	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
56	2014	Modeling and Protection Scheme for IEEE 34 Radial Distribution Feeder with and Without Distributed Generation	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
57	2013	Nonlinear Basis Pursuit	24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
58	2018	Non-linear high impedance fault distance estimation in power distribution systems: A continually online-trained neural network approach	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
59	2012	On the Recovery Limit of Sparse Signals Using Orthogonal Matching Pursuit	130	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
60	2014	On the Sensing Matrix Performance for Support Recovery of Noisy Sparse Signals	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
61	2017	Optimal Fault Location in Transmission Lines Using Hybrid Method	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
62	2014	Preconditioning for Accelerated Iteratively Reweighted Least Squares in Structured Sparsity Reconstruction	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

# UBICACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA BASADO EN SENSADO COMPRIMIDO

	DATOS			TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO						RESTRICCIONES DEL PROBLEMA				PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA				SOLUCIÓN PROPUESTA								
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	Nº DE CITAS PUBLISH OR PERISH	FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	SENSADO COMPRIMIDO	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	WAVELETS	DETECCIÓN DE FALLAS	LOCALIZACIÓN DE FALLAS	ANÁLISIS DE SEÑALES	ESTABILIDAD / CÁLCULO DE ERROR	ESTABILIDAD DE VOLTAJE Y CORRIENTE	SMART METERS	COSTO	ENRUTAMIENTO	CONDICIÓN DE CAPACIDAD/ PRECISIÓN	TIEMPO DE LOCALIZACIÓN DE FALLA	CONDICIONES DE COBERTURA	ILP	MILP	MINLP	ALGORITMOS, HEURÍSTICA O METAHEURÍSTICAS	WAVELETS	ESTABILIDAD DE VOLTAJE	MINIMIZACION DE FALLAS	WAVELETS	RESTABLESIMIENTO DEL SISTEMA	SENSADO COMPRIMIDO	SIMULACION Y COMPARACIÓN	
63	2017	Restricted Boltzmann Machines for Unsupervised Feature Selection with Partial Least Square Feature Extractor for Microarray Datasets	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
64	2013	Sparse Basis Pursuit on Automatic Nonlinear Circuit Modeling [ Invited Special Session Paper]	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
65	2017	LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA POR SENSADO COMPRIMIDO (COMPRESSIVE SENSING)	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
66	2016	LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA USANDO GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y BASADO EN MÉTODOS ALGORÍTMICOS	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
67	2017	Wavelet-based extreme learning machine for distribution grid fault location	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			CANTIDAD:	26	22	28	12	22	14	24	34	18	14	9	7	17	28		17	2	12	16		33	16	7	23	19	14	31	18

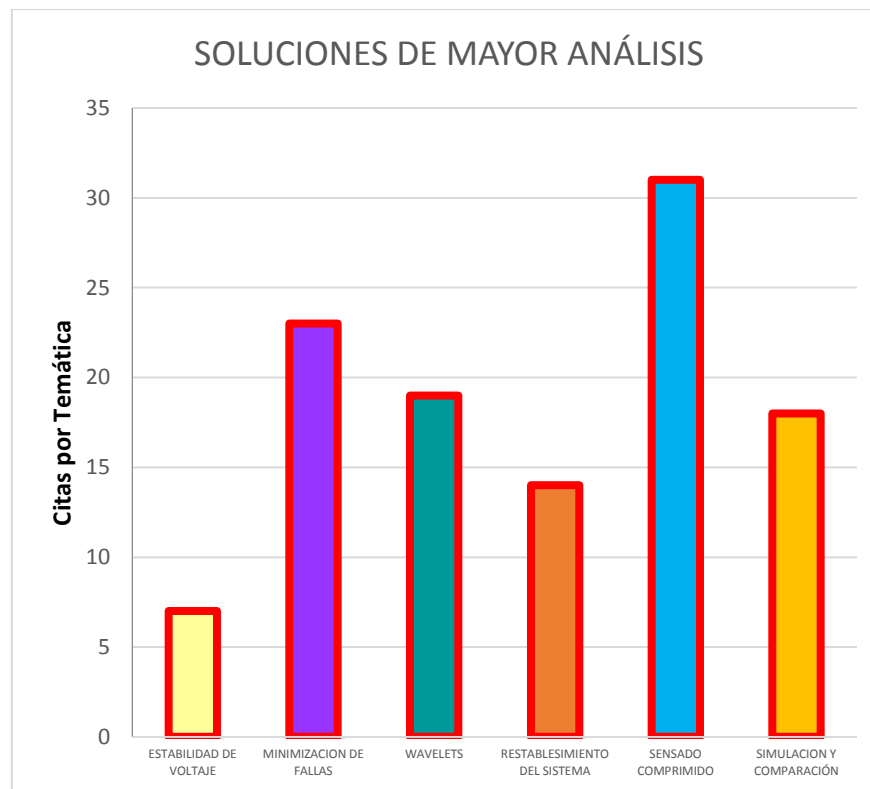


**Figura 29.** Resumen del estado del arte



**Figura 28.** Indicadores del estado del arte





**Figura 30.** Indicadores del estado del arte